

การวิเคราะห์ช่องสัญญาณดาวเทียมที่มีความเสียหาย
โดยใช้หลักการของโดเรตซ์เควันซ์สเปรดสลอตต์เอโลฮา

ANALYSIS OF IMPAIRED SATELLITE CHANNEL USING
DIRECT SEQUENCE SPREAD-SLOTTED ALOHA



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-097-9

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์ช่องสัญญาณดาวเทียมที่มีความเสียหาย
โดยใช้หลักการของไคเรคซีเควีนซ์สเปรดสลอตเตดเอโลฮา

ANALISYS OF IMPAIRED SATELLITE CHANNEL USING
DIRECT SEQUENCE SPREAD-SLOTTED ALOHA



วพ.
ก398ก
2544

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... **39630**

วัน,เดือน,ปี.....

b. 14101799
i.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2544

ISBN 974-648-097-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ANALYSIS OF IMPAIRED SATELLITE CHANNEL USING
DIRECT SEQUENCE SPREAD-SLOTTED ALOHA**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADURATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2001

ISBN 974-648-097-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2001

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์ช่องสัญญาณ ดาวเทียมที่มีความเสียหาย โดยใช้หลักการ
ไคเรคซีเควินซ์ สเปรดสล็อตเตดอโลฮา
ANALYSIS OF IMPAIRED SATELLITE CHANNEL USING DIRECT
SEQUENCE SPREAD-SLOTTED ALOHA
ชื่อนักศึกษา นางสาวกัลยา จันทร์ชานนา
รหัสประจำตัว 40061088
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.สุวิพล สิทธีชีวกภาค

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร. โมไนย ไกรฤกษ์	
ผศ.สมพล โกศลวิตร	
รศ.ดร.รัตติกร วรากุลศิริพันธ์	
รศ.ณรงค์ เหมกรณ์	
รศ.ดร.สุวิพล สิทธีชีวกภาค	

วัน/เดือนปี ที่สอบ 27 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12.00-13.00 น

สถานที่สอบ ณ อาคาร 12 ชั้น ชั้น 4 (ห้อง E12-404)



วันที่.....๒๙.....เดือน.....พ.ศ. ๒๕๔๔.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การวิเคราะห์ช่องสัญญาณดาวเทียมที่มีความเสียหาย
โดยใช้หลักการของโคเรคซีแคว้นซ์สเปรดสล็อตเตด
อโลฮา

นักศึกษา

นางสาวกัลยา จันทร์ชานา

รหัสประจำตัว

40061088

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

พ.ศ.

2544

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

รศ.ดร.สุวิพล ลิทธิชีวะภาค

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการวิเคราะห์สถานะที่มีการเปลี่ยนแปลงของช่องสัญญาณดาวเทียมที่เกิดความเสียหาย โดยใช้หลักการของโคเรคซีแคว้นซ์สเปรดสล็อตเตดอโลฮา (Direct-sequence spread-slotted ALOHA:DS-SSA) ในการวิเคราะห์ช่องสัญญาณที่เกิดความเสียหายเนื่องมาจากผู้ใช้บริการรายอื่น (multiple-access interference) ที่มีมากเกินไป และช่องสัญญาณที่มีความเสียหายจากLONG TERM FADING (long-term fading) และSHORT TERM FADING (short-term fading) และได้ศึกษาวิธีการในการแสดงสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลงด้วยค่าของเฟด (fade duration) และความน่าจะเป็นของการเกิดความผิดพลาด ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบ SNR ของ DS-SSA ที่ได้จากการประมาณค่าความน่าจะเป็นของค่าจุดเปลี่ยน (threshold) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำไปใช้ในการตัดสินใจการเลือกสถานะ ในกรณีที่เป็นสถานะเลวโดยสมมติให้เมื่อผู้ใช้บริการมีปัญหาเกี่ยวกับแอมพลิจูดของสัญญาณที่ไม่ต้องการ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของSHORT TERM และLONG TERM FADING (long-term) ในส่วนสุดท้ายได้แสดงการเลือกตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการหาประสิทธิภาพของช่องสัญญาณ และช่วงเวลาที่เหมาะสมของสถานะที่ดี (good state) และสถานะที่แย่ที่สุด (bad state)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Analysis of Impaired Satellite Channel Usinnng Direct Sequence Spread-Slotted ALOHA
Student	Kanlaya Chanchaona
Student ID	40061088
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2544
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Suvepon Sitthicheevapak

ABSTRACT

This thesis analyses transition state of direct-sequence spread-slotted Aloha(DS-SSA) of satellite channel which impaired channel due to excess multiple-access interference and long-term fading and short-term fading. We study the method of identifying state transition by fade duration and error probability. We compare SNR of DS-SSA from approximation to threshold probability. The results from the analysis which is used in the decision of state selection. In the case that it is bad state, we will assume that the users have the problems with the amplitude of signal because the short-term variation and long-term variation. Finally, we present the selection appropriate transition point is important in the find of channel efficiency and period of good and bad state.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี โดยได้รับความกรุณาและคำแนะนำจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อท่าน ดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่ให้โอกาสในการศึกษาและสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดเวลา อันเป็นแรงบันดาลใจให้ผู้วิจัยมีมานะจนถึงปัจจุบัน

ขอกราบขอบพระคุณ ร.ศ. ดร. สุวิพล สิริพิชิตภาค อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและให้ข้อมูลที่จำเป็นต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณเสรี อัสวารักษ์ ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาแก่งานวิจัยฉบับนี้

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัย Communication Network, ReCCIT ที่อนุญาตให้ใช้สถานที่ในการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกๆ ท่าน ที่สั่งสอนและให้ความรู้แก่ผู้วิจัย

ขอกราบขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิจัยฉบับนี้จนสำเร็จ

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กัลยา จันทร์ชานนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 บทนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	2
1.3 โครงร่างวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 หลักการทั่วไปของระบบไดเรกซีแคว้นซ์สเปกตรัลออตเดคโคโลฮา.....	4
2.1 บทนำ.....	4
2.2 โพรโตคอลของการเข้าถึงแบบหลายทาง.....	4
2.2.1 การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแบ่งความถี่.....	4
2.2.2 การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแบ่งเวลา.....	5
2.2.3 ระบบอะโหลฮา.....	6
2.2.4 การเข้าถึงช่องสัญญาณแบบแยกความแตกต่างทางรหัส.....	8
2.3 การเข้าถึงช่องสัญญาณแบบแยกความแตกต่างทางรหัส.....	9
2.3.1 การจัดลำดับโดยตรง.....	9
2.3.1 การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบการแผ่สเปกตรัมโดยวิธีการ กระโดดเปลี่ยนความถี่.....	11
2.3.1 การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบการแผ่สเปกตรัมโดยวิธีการ กระโดดเปลี่ยนเวลา.....	14
2.3.1 การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบการแผ่สเปกตรัมแบบผสม.....	16
2.4 เครื่องสร้างรหัส.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5 ลักษณะเส้นทางการแพร่กระจายสัญญาณของระบบการสื่อสารไร้สาย.....	19
2.5.1 การแพร่กระจายของเส้นทางการสูญเสีย.....	21
2.5.2 การสูญเสียเนื่องจากถูกบัง.....	22
2.5.3 วิธีของสัญญาณเฟดดิ้ง.....	24
2.5.4 การหมุนวนของการกระจาย.....	28
บทที่ 3 การวิเคราะห์และแบบจำลองสำหรับระบบโคเรคซีแคว้นซ์สเปรตสล็อตเตด อโลธา.....	33
3.1 บทนำ.....	33
3.2 การจำลองระบบ.....	33
3.3 แบบจำลองช่องสัญญาณ.....	36
3.4 ประสิทธิภาพของระบบ.....	37
3.5 ความน่าจะเป็นของสถานะ.....	42
3.6 ช่องสัญญาณของระบบ.....	43
3.6.1 ขอบเขตของเฟด.....	43
3.6.2 อัตราการข้ามระดับ.....	43
3.6.3 ค่าเอเอฟดี.....	47
บทที่ 4 การวิเคราะห์และการแสดงผลของการจำลองระบบโดยวิธีทาง คณิตศาสตร์.....	48
4.1 บทนำ.....	48
4.2 ผลการวิเคราะห์.....	48
บทที่ 5 การวิเคราะห์และการแสดงผลของการจำลองระบบโดยการจำลองแบบ.....	54
5.1 บทนำ.....	54
5.2 ผลการวิเคราะห์.....	54
5.2.1 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม.....	54
5.2.2 ผลการวิเคราะห์จากการจำลองแบบ.....	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 สรุป.....	63
6.1 บทนำ.....	63
6.2 การนำไปประยุกต์ใช้.....	64
เอกสารอ้างอิง.....	65
ภาคผนวก.....	66
ก ซอฟต์แวร์ของการจำลองระบบ.....	67
ข ซอฟต์แวร์ของช่องสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนเนื่องจากการสูญเสียเนื่องจากถูกบัง และเฟดดิ้ง.....	73
ประวัติผู้เขียน.....	103



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

4.1 พารามิเตอร์สำหรับช่องสัญญาณที่ใช้ในการทดลอง.....48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อที่ VII และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการจัดสรรช่องสัญญาณแบบ FDMA.....	5
2.2 แสดงการจัดสรรช่องสัญญาณแบบ TDMA.....	5
2.3 แสดงการจัดโครงสร้างของเฟรมและสล็อตแบบ TDMA.....	6
2.4 แสดงการส่งสัญญาณที่เกิดขึ้นในอะโลฮาแบบแท้ (pure ALOHA).....	7
2.5 ช่วงเวลาที่อาจทำให้เกิดปัญหาสัญญาณซ้อนได้ง่ายของอะโลฮาแบบแท้(p-ALOHA).....	7
2.6 ช่วงเวลาที่อาจทำให้เกิดปัญหาสัญญาณซ้อนได้ง่ายของอะโลฮาแบบแบ่งช่วงเวลา สื่อสาร (s-ALOHA).....	8
2.7 ภาควงของ DS-CDMA.....	10
2.8 ภาควงรับของ DS-CDMA.....	11
2.9 การครอบครองเวลา/ย่านความถี่ของสัญญาณ FH และ DS.....	12
2.10 เครื่องส่งของระบบ FH-CDMA.....	12
2.11 เครื่องรับของระบบ FH-CDMA.....	13
2.12 เครื่องส่งของ TH-CDMA.....	14
2.13 เครื่องรับของ TH-CDMA.....	14
2.14 แสดงการส่งสัญญาณระหว่างเวลาและความถี่ของระบบ TH-CDMA.....	15
2.15 เครื่องส่ง DS/FH CDMA.....	16
2.16 ลิเนียร์ชิปรีจิสเตอร์.....	17
2.17 ลำดับรหัสที่มีคาบเวลา.....	18
2.18 ฟังก์ชันของอัตราสัมพันธ์ของลำดับรหัส.....	18
2.19 ฟังก์ชันของสหสัมพันธ์ข้ามของลำดับรหัส.....	19
2.20 สภาวะแวดล้อมของหน่วยการสื่อสารเคลื่อนที่.....	20
2.21 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงระดับของสัญญาณที่ได้รับตามพื้นที่ตัวอย่างต่างๆ (a) การเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ได้รับเนื่องมาจากทั้งที่มีการสูญเสียเนื่องจาก ถูกบัง (shadowing) และเส้นทางการสูญเสีย (b) การเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ได้รับเนื่องมาจากเส้นทางการสูญเสีย (c) การเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ได้นับเนื่องมาจากการสูญเสียเนื่องจากถูกบัง.....	21
2.22 เอนเวลลอปของสัญญาณที่มีลักษณะแบบสองเทอมเฟดดิ้ง.....	23

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.23 การกระจายแบบปรกติล็อก (log-normal).....	24
2.24 แบบจำลองเงื่อนไขของเส้นทางการแพร่กระจาย.....	25
2.25 จำลองช่องสัญญาณเฟดดิ้ง.....	26
2.26 การกระจายแบบเรย์ลี (Rayleigh).....	28
3.1 แสคโคอะแกรมของระบบ SSA.....	34
3.2 แบบจำลองช่องสัญญาณดาวเทียม.....	35
3.3 ลักษณะของช่องสัญญาณ SSA.....	36
3.4 คาบเวลาของลำดับสัญญาณ.....	37
3.5 (a) แบบจำลองช่องสัญญาณ (b) แบบจำลองการแพร่กระจายของช่องสัญญาณดาวเทียม.....	45
4.1 เปรียบเทียบ SSA กับ SS-CDMA ภายใต้เงื่อนไขสถานะแวดล้อมที่ถูกทำให้ เสียหายเหมือนกัน.....	49
4.2 เปรียบเทียบค่า E_b/I_o กับค่า β_w ของจำนวนผู้ใช้บริการภายใต้เงื่อนไข และสถานะแวดล้อมเดียวกัน.....	50
4.3 เปรียบเทียบค่า E_b/I_o กับค่า β_w ที่ค่า N ต่างๆ ภายใต้เงื่อนไขสถานะ แวดล้อมเดียวกัน.....	50
4.4 ค่า E_b/I_o กับค่า β_w ที่สถานะแวดล้อมต่างๆ กัน ตามค่าพารามิเตอร์ใน ตารางที่ 4.1 กรณีที่ 1 β_{w1} กรณีที่ 2 β_{w2} กรณีที่ 3 β_{w3}	51
4.5 ค่า E_b/I_o กับค่า threshold ที่สถานะแวดล้อมต่างๆ กัน ตามค่าพารามิเตอร์ ในตารางที่ 4.1 กรณีที่ 1 β_{w1} กรณีที่ 2 β_{w2} กรณีที่ 3 β_{w3}	51
4.6 ค่า E_b/I_o กับค่า AFD ที่สถานะแวดล้อมต่างๆ กัน ตามค่าพารามิเตอร์ ในตารางที่ 4.1 กรณีที่ 1 β_{w1} กรณีที่ 2 β_{w2} กรณีที่ 3 β_{w3}	52
5.1 แผนภูมิโปรแกรมการสร้างสัญญาณรบกวนที่มีการกระจายแบบปรกติล็อก (log-normal).....	55
5.2 แผนภูมิโปรแกรมการสร้างสัญญาณรบกวนที่มีการกระจายแบบเรย์ลี(Rayleigh).....	56
5.3 แผนภูมิโปรแกรมการสร้างลำดับรหัส PN.....	57
5.4 แผนภูมิโปรแกรมการสร้างโกลด์ซีควีนซ์ (Gold-sequence).....	58
5.5 แผนภูมิโปรแกรมหลักในการแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบหลัก.....	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.6 แสดงค่า P_E กับค่า E_b/I_o ในสภาวะแวดล้อมที่มีค่าในกรณีที่ 1.....	60
5.7 ค่าแสดงค่า P_E กับค่า E_b/I_o ในสภาวะแวดล้อมที่มีค่าในกรณีที่ 2.....	61
5.8 แสดงค่า P_E กับค่า E_b/I_o ในสภาวะแวดล้อมที่มีค่าในกรณีที่ 3.....	61
5.9 แสดงค่า P_E กับค่า E_b/I_o ในสภาวะแวดล้อมที่มีค่าในกรณีที่ 1 และ กรณีที่ 3.....	62
5.10 ไดอะแกรมแสดงพารามิเตอร์ที่นำมาตัดสินใจสถานะของระบบ.....	62



บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางการสื่อสารข้อมูลมีความจำเป็นอย่างมาก ความต้องการที่จะส่งข้อมูลข่าวสารเพื่อความสะดวกรวดเร็ว ง่าย มีมากขึ้น และความแม่นยำในการสื่อสารยังมีความสำคัญอีกด้วย ด้วยเหตุผลดังกล่าวดังนั้นการสื่อสารจึงได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อที่จะตอบสนองต่อความต้องการที่จะใช้งาน ซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยีทางการสื่อสารมีอยู่มากมายที่มีไว้ให้เลือกใช้ในการให้บริการและการเข้าใช้บริการ แต่การสื่อสารมักจะมีข้อจำกัดอยู่มาก เช่น สัญญาณรบกวน ลักษณะภูมิประเทศ เป็นต้น

เนื่องจากเทคนิคการเข้าถึงช่องสัญญาณนั้นมีให้เลือกใช้อยู่มากมายหลายอย่างด้วยกัน ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันออกไป คือ

การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiple Access : FDMA): จะทำการแบ่งช่องสัญญาณต่างๆ ซึ่งในแต่ละช่องสัญญาณจะมีความถี่ไม่ตรงกัน

การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแบ่งช่วงเวลา (Time Division Multiple Access : TDMA): แต่ละช่องสัญญาณจะผลัดเปลี่ยนกันใช้แบนด์วิดท์ (bandwidth) ที่มีช่วงคาบเวลา (time sharing) ไม่ตรงกัน

การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแยกความแตกต่างทางรหัส (Code Division Multiple Access : CDMA): แต่ละช่องสัญญาณจะใช้แบนด์วิดท์เดียวกัน และใช้ในเวลาเดียวกันก็ได้ โดยที่แต่ละช่องสัญญาณมีรหัสแตกต่างกัน

จากทั้ง 3 วิธี ระบบ CDMA นั้นสามารถเพิ่มเติมช่องสัญญาณที่มีรหัสแตกต่างกันเข้าไปได้อีกสำหรับ FDMA และ TDMA ไม่สามารถทำได้ เพราะถูกกำหนดไว้แน่นอนอยู่แล้ว

จึงได้นำข้อดีของการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแยกความแตกต่างทางรหัส หรือ CDMA มาทำการศึกษา เนื่องจากความต้องการของการสื่อสาร ซึ่งจะทำการรองรับระบบที่มีผู้ใช้บริการจำนวนมาก และสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้พร้อมๆ กัน ทีละหลายๆ ผู้ใช้บริการในเวลาเดียวกัน และได้ทำการเพิ่มความสามารถในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ โดยการนำเอาหลักการของสล็อตอะโลฮา (slot ALOHA) เข้ามาศึกษาร่วมด้วย จึงได้ทำการศึกษาสเปรดสล็อตอะโลฮา (spread-slotted ALOHA) จากข้อดีของเทคนิคการสื่อสารแบบสล็อตอะโลฮา เนื่องจากทำการส่งเป็นสล็อต ดังนั้นจึงทำการเพิ่มประสิทธิภาพของการสื่อสารที่ได้ผลสำเร็จ ได้มากขึ้นกว่าส่งแบบธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้ทำการเสนอแนวทางในการวิเคราะห์ช่องสัญญาณดาวเทียมโดยใช้หลักการของโคเรซีแคว้นซ์สเปรดสลอตเตดแอลโอฮา (Direct Sequence Spread-Slotted ALOHA) ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ช่องสัญญาณที่เกิดปัญหาเนื่องมาจากสัญญาณรบกวนแบบต่างๆ ในสถานะที่สามารถจะเกิดขึ้นได้ในการสื่อสาร สำหรับปัญหาของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นนั้น ได้ทำการวิเคราะห์สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นเนื่องจากผู้ใช้บริการด้วยตนเอง ซึ่งเป็นปัญหาของเทคนิคของการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบนี้เอง และอีกปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นของสัญญาณรบกวน คือเกิดขึ้นเนื่องมาจากสถานะแวดล้อมภายนอกของระบบการสื่อสาร จากเครื่องส่งและเครื่องรับที่มีการเคลื่อนที่ ซึ่งสัญญาณรบกวนแบบนี้สามารถแบ่งออกได้เป็นสัญญาณรบกวนแบบช็อตเทอม (short-term) และสัญญาณรบกวนแบบลองเทอม (long-term) สัญญาณรบกวนเหล่านี้ทำให้การสื่อสารข้อมูลเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ จึงได้ทำการวิเคราะห์ช่องสัญญาณ โดยพิจารณาที่เกิดความผิดพลาดของ E_b/I_0 และเพื่อที่จะทำการเลือกใช้ช่องสัญญาณที่เหมาะสมที่สุด โดยทำการวิเคราะห์ช่องสัญญาณที่จะทำให้เกิดความเสียหายกับสัญญาณที่ได้ส่งออกไปในช่องสัญญาณนั้นๆ ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์ และการจำลองการทำงานของระบบที่ได้นำมาวิเคราะห์เพื่อหาจุดทำงานที่ดีที่สุด ในสถานะที่แย่มากที่สุดของระบบ

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของวิทยานิพนธ์

การศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการเข้าใช้ช่องสัญญาณดาวเทียม โดยวิธีการเข้าถึงช่องสัญญาณแบบหลายทางแบบแยกความแตกต่างทางรหัส หรือ CDMA ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์สถานะของช่องสัญญาณที่จะทำให้สัญญาณที่ถูกส่งออกไปเกิดความเสียหาย ทำให้สัญญาณที่ได้รับอาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ สาเหตุของความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับสัญญาณนั้นมีอยู่มากมาย สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการวิเคราะห์ช่องสัญญาณที่มีความเสียหายเนื่องจากคุณสมบัติของวิธีการเข้าใช้ช่องสัญญาณเอง ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องมาจากจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้าใช้ช่องสัญญาณเดียวกัน เนื่องจากวิธีการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ CDMA สามารถเพิ่มจำนวนรหัสของผู้ใช้บริการได้ก็จริง แต่การเพิ่มจำนวนรหัสจะทำให้คุณภาพของสัญญาณในช่องสัญญาณเดียวกัน ลดลงไปด้วย เพราะเกิดการแทรกสอดระหว่างสัญญาณใกล้เคียง หรือการแทรกสอดที่มีการเข้าถึงหลายทาง (multiple access interference) สำหรับอีกปัญหาหนึ่งที่ได้ทำการศึกษาคือสถานะแวดล้อมภายนอกระหว่างการสื่อสารผ่านดาวเทียม กับเทอร์มินอลภาคพื้นดิน ซึ่งปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นเนื่องมาจาก สภาพภูมิประเทศ ติก ภูเขา เป็นต้น เช่น การแพร่กระจายแบบหลายทาง (multipath propagation) และ เฟดดิ้ง (fading) ซึ่งสัญญาณรบกวนแบบนี้สามารถแบ่งออกได้เป็นสัญญาณรบกวนแบบช็อตเทอมและสัญญาณรบกวนแบบลองเทอม ซึ่งสัญญาณรบกวนแบบช็อตเทอมนี้ มีการเปลี่ยนอย่างรวดเร็ว เนื่องมาจากทิศทางของสัญญาณที่ส่งออกไปเกิดการแพร่กระจาย การสะท้อนกลับมายังเครื่องรับ ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนเกิดขึ้น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลองเทอมซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงแบบช้าๆ เนื่องมาจากเส้นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางการสื่อสารที่ส่งออกมาทางตรงถูกบัง ทำให้เกิดเป็นเงาที่เครื่องรับ หรือเรียกว่าการสูญเสียเนื่อง จากถูกบัง (shadowing) นั่นเอง

จากทั้ง 2 ปัญหาที่ได้ทำการศึกษานี้ เรานำปัญหาทั้งสองมาพิจารณาในช่องสัญญาณที่จะ สามารถเกิดปัญหาทั้ง 2 อย่างขึ้นได้พร้อมๆ กัน ซึ่งปัญหาเหล่านี้มีผลกระทบต่อสัญญาณที่ได้ส่ง ออกไป ข้อมูลข่าวสารที่ได้จึงมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ ซึ่งได้ทำการพิจารณาการเกิดของค่า E_b/I_0 จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้ทำการวิเคราะห์ช่องสัญญาณที่สถานะที่แย่ที่สุดที่สามารถเกิดขึ้น ได้ เพื่อที่จะทำการเลือกใช้ช่องสัญญาณ และหาจุดทำงานที่ดีที่สุด ในสถานะที่แย่ที่สุดของระบบ

สำหรับขอบเขตของงานวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ช่องสัญญาณดาวเทียม โดยใช้วิธีการเข้าถึงช่อง สัญญาณหลายทางแบบแยกความแตกต่างทางรหัส หรือ CDMA โดยทำการวิเคราะห์ช่องสัญญาณที่ มีความเสียหายเนื่องมาจากคุณสมบัติของวิธีการของ slotted-CDMA เองกับความเสียหายเนื่องมา จากสถานะแวดล้อมภายนอกกระหว่างการสื่อสาร โดยทำการวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และได้ทำการจำลองช่องสัญญาณที่ได้ทำการวิเคราะห์ขึ้น เพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์แบบทาง คณิตศาสตร์

1.3 โครงร่างวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทคัดย่อ และ Abstract

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 หลักการทั่วไปของระบบโคเรคซีแคว้นซ์สเปรคสล็อตเตดคอโลฮา

กล่าวถึงหลักการทั่วไปของโปรโตคอลที่น่าสนใจในการทำการศึกษานี้

บทที่ 3 การวิเคราะห์แบบจำลองสำหรับระบบโคเรคซีแคว้นซ์สเปรคสล็อตเตดคอโลฮา

กล่าวถึงแบบจำลองของระบบโคเรคซีแคว้นซ์สเปรคสล็อตเตดคอโลฮาที่ได้ทำการศึกษา และ วิเคราะห์ระบบช่องสัญญาณดาวเทียมที่เป็นแบบโคเรคซีแคว้นซ์สเปรคสล็อตเตดคอโลฮา

บทที่ 4 การวิเคราะห์และการแสดงแบบจำลองระบบโดยวิธีทางคณิตศาสตร์

กล่าวถึงการวิเคราะห์และการแสดงผลคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ในบทที่ 3 เพื่อแสดง พารามิเตอร์ และผลกระทบของระบบที่ได้ทำการศึกษา

บทที่ 5 การวิเคราะห์และการแสดงแบบจำลองระบบโดยวิธีการจำลองแบบ

กล่าวถึงการวิเคราะห์และการแสดงผลโดยการจำลองที่ได้จากการวิเคราะห์ในบทที่ 3 เพื่อ แสดงพารามิเตอร์และผลกระทบของระบบที่ได้ทำการศึกษา และนำผลที่ได้ทำการเปรียบเทียบผล ระหว่างวิธีการจำลองแบบกับวิธีทางคณิตศาสตร์

บทที่ 6 สรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการทั่วไปของระบบโคเดคซ์เควินซ์

สเปรตลีสล็อตเตคโโลฮา

2.1 บทนำ

ปัจจุบันความจำเป็นและความต้องการในการสื่อสารมีมากขึ้น อีกทั้งวิทยาการที่นำมาใช้ในการออกแบบการสื่อสารนั้นมีอยู่เป็นจำนวนมากที่มีให้เลือกใช้สำหรับการเข้าใช้ช่องสัญญาณ เพื่อให้ผู้ใช้บริการจะได้รับผลที่ดีที่สุดและเหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละระบบของการสื่อสาร การที่จะนำวิทยาการต่างๆ ไปใช้ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจหลักการและความหมายของวิทยาการต่างๆ เหล่านั้นก่อน เพื่อระบบการสื่อสารจะได้มีความสอดคล้องกับหลักการทำงาน และกลไกของการทำงาน อันจะส่งผลให้การสื่อสารนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

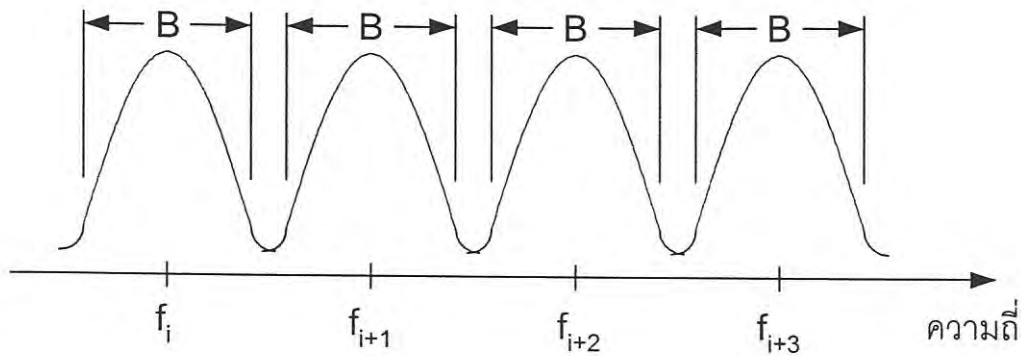
2.2 โพรโตคอลของการเข้าถึงแบบหลายทาง(Multiple Access Protocol)

เมื่อใดก็ตามที่มีผู้ใช้บริการเข้าใช้ช่องสัญญาณมีจำนวนมากขึ้น ความต้องการของโปรโตคอล (protocol) ของการเข้าถึงแบบหลายทาง (Multiple access protocol) จึงเกิดขึ้น แต่หากว่าไม่มีโปรโตคอลการแย่งกันใช้ช่องสัญญาณจะต้องเกิดขึ้นอย่างแน่นอน ในกรณีที่ผู้ใช้บริการพยายามที่จะเข้าใช้ช่องสัญญาณในเวลาเดียวกัน โปรโตคอลของการเข้าถึงแบบหลายทาง ควรที่จะมีการหลีกเลี่ยงหรือแก้ปัญหาในเรื่องการแย่งกันเข้าใช้ช่องสัญญาณ เพื่อที่จะทำการพัฒนาการเข้าใช้ช่องสัญญาณให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้เข้าใช้ จึงได้มีการพัฒนาโปรโตคอลจำนวนมากเพื่อที่จะทำการแก้ไขปัญหาการแย่งกันเข้าใช้ช่องสัญญาณ เช่น FDMA, TDMA, ALOHA และ CDMA เป็นต้น

2.2.1 การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiple Access)

การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแบ่งความถี่หรือ FDMA เป็นวิธีการแบ่งช่องสัญญาณออกเป็นช่องสัญญาณเล็กๆ ขนาดเท่าๆ กัน และจำนวนเท่ากับผู้ใช้บริการ ซึ่งในแต่ละช่องสัญญาณจะมีความถี่ไม่ตรงกัน ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะได้รับการแบ่งช่องสัญญาณย่อยหนึ่งช่องสัญญาณเหมือนกัน ซึ่งผู้ใช้บริการแต่ละรายจะสามารถใช้ช่องสัญญาณหลักที่มีอยู่เพียงช่องสัญญาณเดียวร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และแต่ละผู้ใช้บริการจะระบุแถบความถี่ในการเข้าใช้ช่องสัญญาณตามที่ได้จัดสรรไว้ โดยกำหนดให้ผู้ใช้บริการสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ตลอดเวลา จนกว่าจะสิ้นสุดในการใช้ช่องสัญญาณ

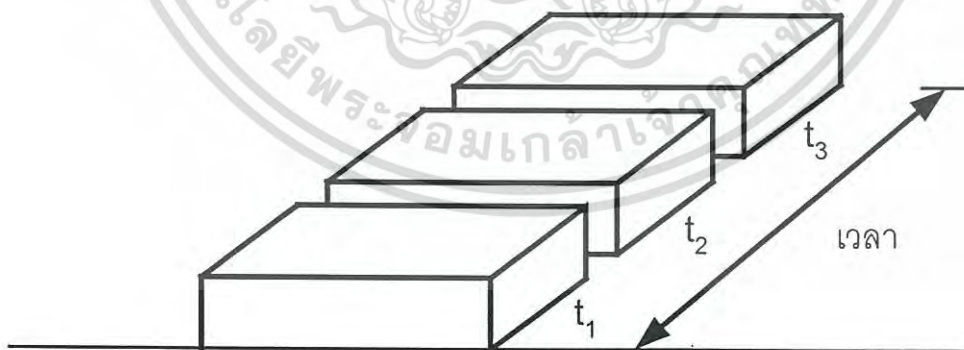
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงการจัดสรรช่องสัญญาณแบบ FDMA

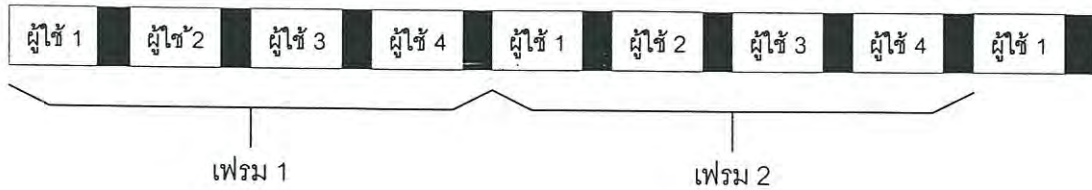
2.2.2 การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแบ่งเวลา (Time Division Multiple Access)

การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแบ่งเวลา หรือ TDMA เป็นการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบ่งตามเวลา แต่ละช่องสัญญาณจะผลัดเปลี่ยนกันใช้แบนด์วิดท์ (bandwidth) ที่มีช่วงคาบเวลา (time sharing) ที่ไม่ตรงกัน แต่ผู้ใช้บริการจะระบุเวลาที่เข้าใช้ช่องสัญญาณ พิจารณาตามแกนเวลาเป็นการแบ่งเฟรม (frame) ออกเป็นช่วงเวลาต่างๆ กัน แต่ละเฟรมแบ่งตามจำนวนช่องเวลาสล็อต (time slot) เหมือนๆ กัน ซึ่งช่วงเวลาสล็อตทั้งหมดจะมีช่วงเวลาเท่าๆ กัน แต่ละเฟรมจะประกอบไปด้วยผู้ใช้บริการต่างๆ เทคนิควิธี TDMA นี้ สัญญาณหนึ่งช่องสัญญาณจะมีการแบ่งช่วงเวลาในการใช้งานสลับกันไป โดยผู้ใช้บริการแต่ละรายจะสามารถรับส่งสัญญาณได้เฉพาะช่วงเวลาของตนได้รับสิทธิเท่านั้น



รูปที่ 2.2 แสดงการจัดสรรช่องสัญญาณแบบ TDMA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงการจัดโครงสร้างของเฟรมและสล็อตแบบ TDMA

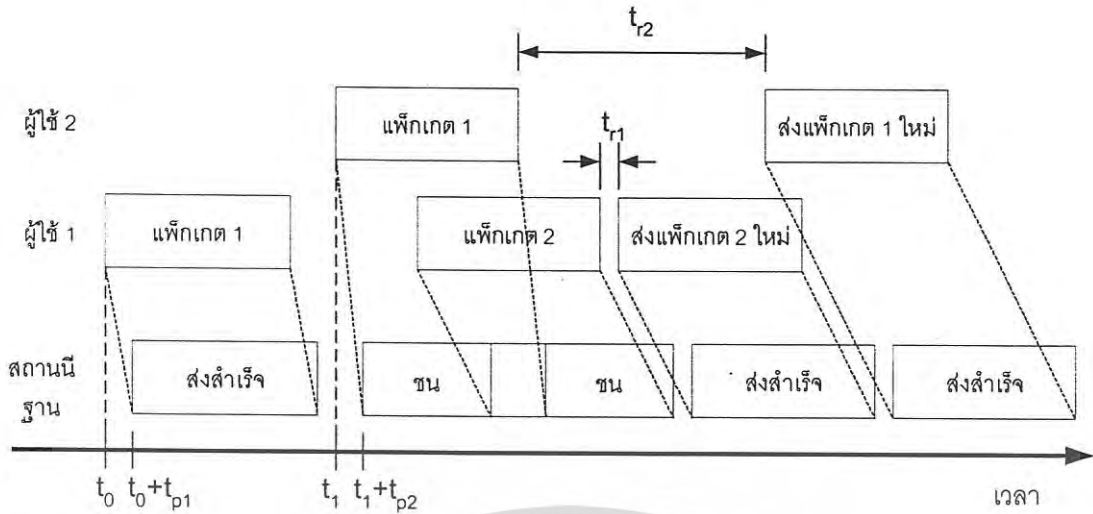
2.2.3 ระบบอโลฮา (ALOHA)

ระบบอโลฮาเป็นวิธีการแบ่งตามวิธีการใช้สัญญาณนาฬิกาออกเป็น 2 แบบ คือ แบบแท้ (pure ALOHA) ที่ใช้การส่งสัญญาณต่อเนื่อง และแบบที่ใช้การแบ่งช่วงเวลาสื่อสาร (slotted ALOHA)

2.2.3.1 ระบบอโลฮาแบบแท้ (pure ALOHA)

เป็นแนวความคิดพื้นฐานของระบบอโลฮาที่อนุญาตให้ผู้ใช้บริการ สามารถส่งสัญญาณออกมาได้ในทันทีที่ข้อมูลพร้อมที่จะส่ง ถ้าไม่มีผู้ใช้บริการรายอื่นทำการส่งสัญญาณ ผู้รับจะสามารถรับสัญญาณได้อย่างถูกต้อง และจะทำการส่งสัญญาณแจ้งว่ารับได้ (Acknowledgment) กลับมายังผู้ส่ง ในการรับสัญญาณแจ้งว่ารับได้ ผู้ส่งจะสามารถทราบได้ทันทีที่สามารถส่งสัญญาณได้สำเร็จ ซึ่งสัญญาณที่ทำการส่งออกไปกับสัญญาณที่ส่งกลับมาจะอยู่กันคนละช่องสัญญาณที่มีแถบความถี่ต่างกัน

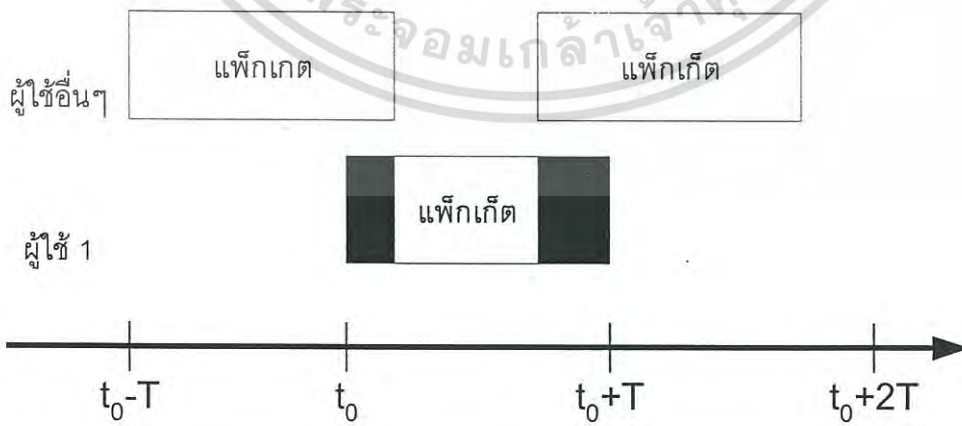
ถ้ามีผู้ใช้บริการมากกว่า 2 ราย ที่เข้าใช้ช่องสัญญาณพร้อมๆ กัน การชนกันจะเกิดขึ้น เนื่องจากไม่มีสัญญาณแจ้งว่ารับได้ ส่งกลับมาผู้ส่งจะทำการส่งซ้ำ เพื่อป้องกันปัญหาการชนกันของสัญญาณ ผู้ใช้บริการในแต่ละรายจะกำหนดเวลาในการส่งสัญญาณที่มีค่าไม่แน่นอนและไม่ซ้ำกัน ดังนั้นปัญหาของการชนกันจึงเกิดขึ้นลดลง



รูปที่ 2.4 แสดงการส่งสัญญาณที่เกิดขึ้นในอโลฮาแบบแท้ (pure ALOHA)

2.2.3.2 ระบบอโลฮาแบบแบ่งช่วงเวลาสื่อสาร (slotted ALOHA)

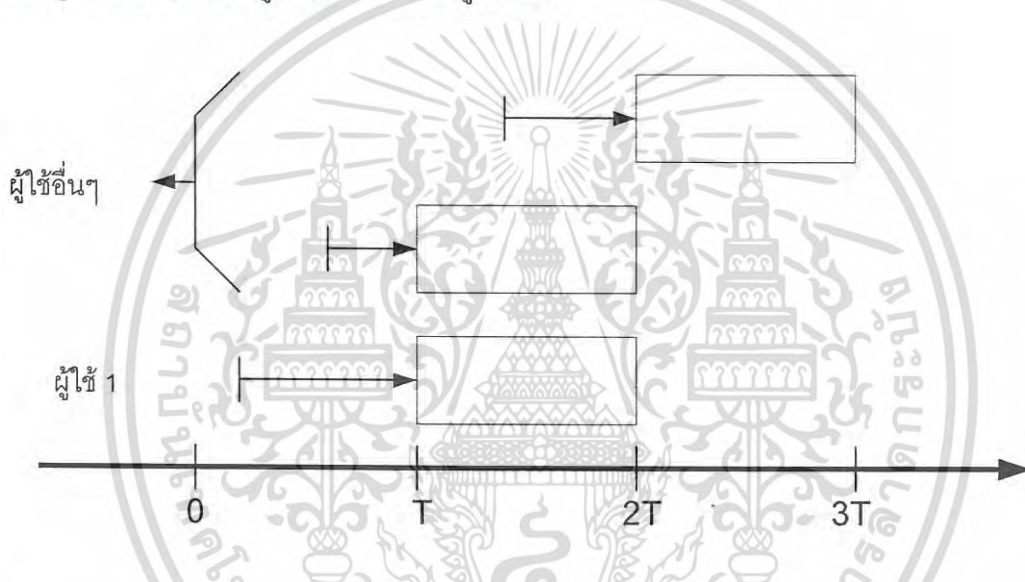
จากอโลฮาแบบแท้เป็นการส่งสัญญาณแบบง่าย ๆ แต่พบว่าประสิทธิภาพของการใช้ช่องสัญญาณต่ำมากประมาณ 18% ซึ่งประสิทธิภาพ 18 % นี้เป็นที่ประสิทธิภาพสูงสุดในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ เหตุผลหลักสำหรับการส่งแบบนี้คือความน่าจะเป็นของผู้ใช้บริการที่จะทำการส่งสัญญาณถูกแทรกสอดจากผู้ให้บริการรายอื่นที่ทำการส่งด้วยเหมือนกัน ซึ่งกลายเป็นปัญหาใหญ่ขึ้นถ้ากราฟฟิคในช่องสัญญาณเพิ่มมากขึ้น จากรูปที่ 2.5 เราพบว่า ผู้ใช้บริการที่ 1 เริ่มทำการส่งสัญญาณที่เวลา $t = t_0$ สมมุติว่าเวลาที่ใช้ส่งเป็นเวลา T วินาที ดังนั้นผู้ให้บริการที่ 1 จะส่งสัญญาณเสร็จที่เวลา $t = t_0 + T$ จากรูปพบว่าถ้ามีผู้ให้บริการรายอื่นทำการส่งสัญญาณระหว่าง $t_0 - T$ ถึง $t_0 + T$ ดังนั้นปัญหาการชนกันจึงเกิดขึ้นในผู้ให้บริการที่ 1 แน่นอน



รูปที่ 2.5 ช่วงเวลาที่สามารถทำให้เกิดปัญหาสัญญาณซ้อนได้ง่ายของอโลฮาแบบแท้(p-ALOHA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นช่วงเวลาที่สามารถทำให้เกิดปัญหาสัญญาณซ้อนได้ง่ายของอโลฮาแบบแบ่งเวลาเป็น $2T$ เพื่อที่จะทำการเพิ่มประสิทธิภาพของการส่งสัญญาณ โดยทำการลดช่วงเวลาที่สามารถทำให้เกิดปัญหาสัญญาณซ้อนให้เล็กลง ซึ่งสามารถทำได้โดยการแบ่งเวลาในการส่งออกเป็นช่องเวลาที่สั้นลง สัญญาณที่ถูกส่งออกไปในหนึ่งช่องเวลา ถือว่าเป็นปริมาณข้อมูล 1 เฟรม ดังรูปที่ 2.6 ถ้าผู้ใช้บริการที่ 1 ส่งสัญญาณระหว่างเวลา 0 ถึง T การส่งสัญญาณมีการหน่วงเวลาในการส่ง(delay) จนกระทั่งเวลา $t = T$ จึงจะส่งสัญญาณ หากมีผู้ใช้บริการรายอื่นพร้อมที่จะส่งข้อมูลระหว่างเวลา 0 ถึง T ด้วยเหมือนกัน การส่งจะเริ่มต้นที่ $t = T$ ด้วยเหมือนกันดังนั้นปัญหาการชนกันกับผู้ใช้บริการที่ 1 จะเกิดขึ้นอย่างแน่นอน และหากผู้ใช้บริการรายอื่นพร้อมที่จะทำการส่งสัญญาณหลังจากเวลา $t = T$ จะไม่ทำการส่งสัญญาณทันที จะทำการส่งสัญญาณจนกระทั่งเวลา $t = 2T$ ไปแล้ว และจะไม่เกิดปัญหาการชนกันกับผู้ใช้บริการที่ 1 ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ช่วงเวลาที่สามารถทำให้เกิดปัญหาสัญญาณซ้อนได้ง่ายของอโลฮาแบบแบ่งช่วงเวลาสื่อสาร (s-ALOHA)

ช่วงเวลาที่สามารถทำให้เกิดปัญหาสัญญาณซ้อนได้ง่ายของการส่งนี้มีค่าเพียง T เมื่อเทียบกับอโลฮาแบบแท้ (pure ALOHA) พบว่าประสิทธิภาพของการเข้าใช้ช่องสัญญาณเพิ่มเป็น 2 เท่า คือ 36% เราเรียกวิธีการส่งแบบนี้ว่าอโลฮาแบบแบ่งช่วงเวลาสื่อสาร (slotted ALOHA)

2.2.4 การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแยกความแตกต่างทางรหัส (Code Division Multiple Access)

การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแยกความแตกต่างทางรหัสหรือ CDMA ซึ่งแต่ละช่องสัญญาณจะใช้แบนด์วิดท์ (bandwidth) เดียวกัน และใช้เวลาเดียวกันพร้อมๆ กันก็ได้ โดยที่ผู้ใช้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริการแต่ละรายจะถูกกำหนดลำดับรหัส (code sequence) ซึ่งผู้รับจะต้องรู้รหัสของผู้ส่งจึงจะสามารถรับสัญญาณ และทำการถอดรหัสออกมาได้ โดยผู้ใช้บริการแต่ละรายจะมีลำดับรหัสแตกต่างกัน เนื่องจากแบนด์วิดท์ ของรหัสสัญญาณ (code signal) มีขนาดใหญ่กว่าแบนด์วิดท์ของข่าวสาร (message) ดังนั้นจึงเรียกกระบวนการนี้ว่าการมอดูเลตแบบสเปกตรัมแผ่ (spread-spectrum modulation) ซึ่งสัญญาณที่ถูกเข้ารหัสจะเรียกว่าสัญญาณที่มีการมอดูเลตแบบสเปกตรัมแผ่ (spread-spectrum signal) ดังนั้น CDMA มักจะเรียกว่าเป็นการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบการมอดูเลตแบบสเปกตรัมแผ่ (Spread-Spectrum Multiple Access : SSMA) เมื่อใช้ระบบ CDMA ผู้ใช้บริการทั้งหลายจะสามารถใช้ช่องสัญญาณได้เต็มแบนด์วิดท์พร้อมๆ กัน ในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งระบบ CDMA จะไม่พบปัญหาของการทับซ้อนกันเกิดขึ้น แต่หากมีผู้ใช้บริการมากจะพบปัญหาของการเกิดแทรกสอด (interference) อันเกิดมาจากผู้ใช้บริการรายอื่นๆ

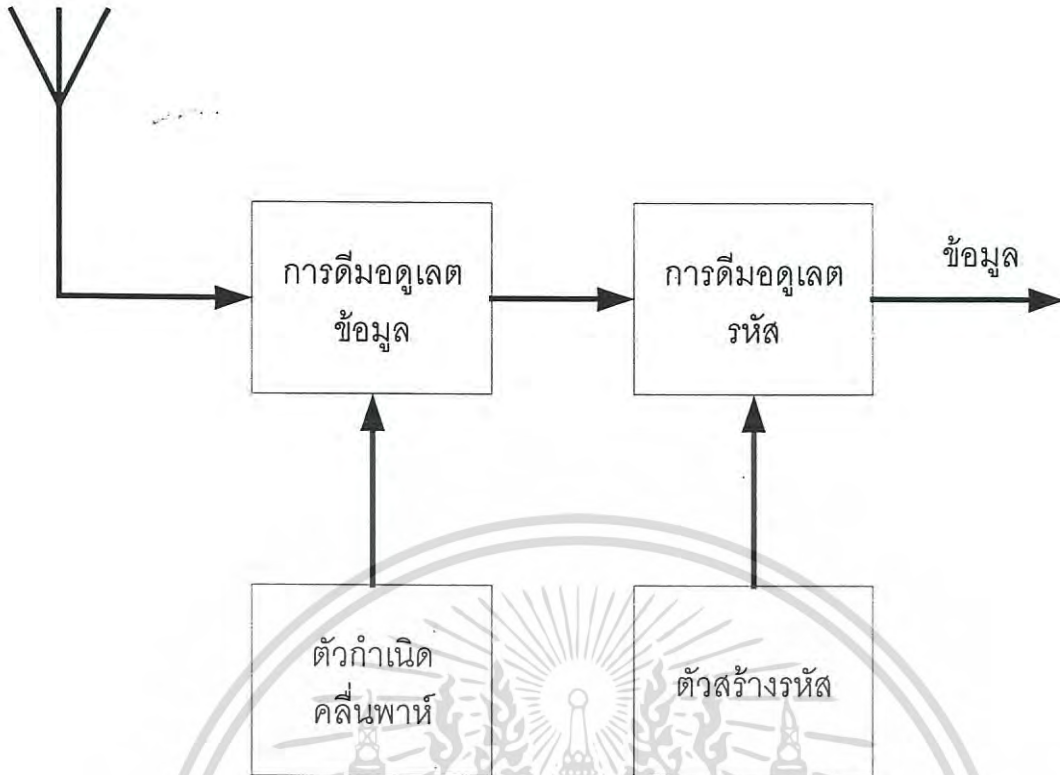
2.3 การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแยกความแตกต่างทางรหัส (Code Division Multiple Access)

สำหรับระบบการมอดูเลตแบบสเปกตรัมแผ่ (spread-spectrum : SS) [1] สัญญาณที่ถูกส่งออกไปจะเป็นไปตาม 2 หลักเกณฑ์ คือหลักเกณฑ์แรกแบนด์วิดท์ ของสัญญาณที่ถูกส่งจะต้องมีขนาดใหญ่กว่าแบนด์วิดท์ของข่าวสาร อย่างไรก็ตามมันยังไม่เป็นหลักเกณฑ์ที่เพียงพอที่จะบอกว่าเป็นการมอดูเลตแบบสเปกตรัมแผ่ เนื่องจากมีวิธีการมอดูเลตจำนวนมากที่มีลักษณะเป็นแบบนี้ เช่น การมอดูเลตทางความถี่ (frequency modulation), การมอดูเลตทางรหัสของพัลส์ (pulse code modulation) เป็นต้น ซึ่งเกณฑ์ข้อที่ 2 คือแบนด์วิดท์ที่ถูกส่งจะต้องถูกกำหนดด้วยฟังก์ชันบางอย่างที่เป็นอิสระกับข่าวสารและผู้รับสามารถรับรู้ได้

รูปแบบของระบบการมอดูเลตแบบสเปกตรัมแผ่มีอยู่หลายรูปแบบมากที่มีความแตกต่างกัน และวิธีหนึ่งที่เราจำแนกระบบการมอดูเลตแบบสเปกตรัมแผ่ วิธีการมอดูเลต ซึ่งจำแนกออกเป็นการจัดลำดับโดยตรง (direct - sequence : DS) หรือ สัญญาณรบกวนเทียม (pseudonoise), การกระโดดเปลี่ยนความถี่ (frequency hopping : FH), การกระโดดเปลี่ยนเวลา (time hopping : TH), การมอดูเลตทางเชอร์ป (chirp modulation) และแบบผสม (hybrid method)

2.3.1 การจัดลำดับโดยตรง (Direct Sequence : DS)

สำหรับสัญญาณข้อมูล (data signal) ที่ถูกมอดูเลตด้วยวิธีการ DS-CDMA จะถูกมอดูเลตโดยตรงด้วยสัญญาณรหัส PN (pseudonoise code signal) ซึ่งสัญญาณข้อมูลสามารถเป็นได้ทั้งสัญญาณอนาล็อก และสัญญาณดิจิทัล โดยมากมักจะเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งบ่อยครั้งที่จะพบว่าเป็นสัญญาณดิจิทัล เนื่องจากไม่ต้องทำการมอดูเลตข้อมูล และสัญญาณดิจิทัลจะถูกคูณโดยตรง



รูปที่ 2.8 ภาครับของสัญญาณ DS-SS

2.3.2 การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบการแผ่สเปกตรัมโดยวิธีการ กระโดดเปลี่ยนความถี่ (FH-SS)

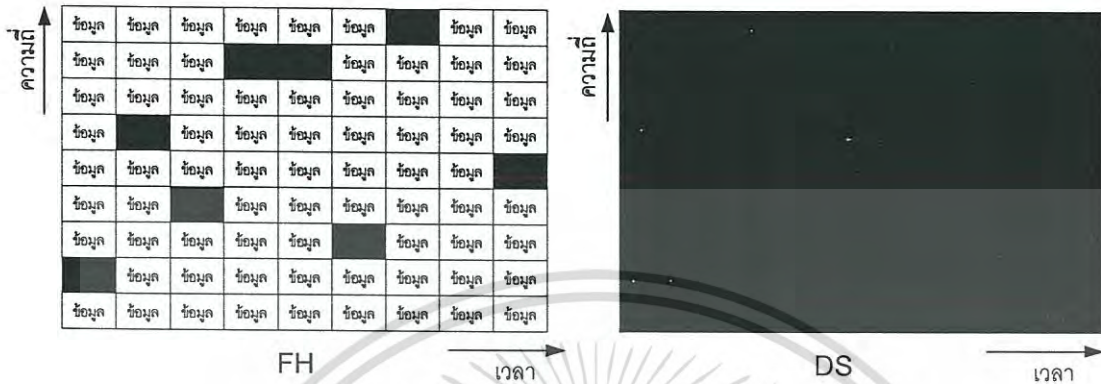
สำหรับ FH-CDMA ความถี่คลื่นพาห้ของสัญญาณข่าวสารที่ถูกมอดูเลตจะมีค่าไม่คงที่ แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นคาบเวลา ซึ่งในช่วงระหว่างเวลา T ความถี่คลื่นพาห้จะยังคงมีค่าคงที่ แต่หลังจากผ่านไปในแต่ละช่วงเวลา T สัญญาณคลื่นพาห้ จะกระโดดข้ามไปยังความถี่อื่น (หรืออาจจะเป็นความถี่เดิมก็ได้) รูปแบบของการกระโดดข้ามจะเป็นตามสัญญาณรหัสกลุ่มของความถี่คลื่นพาห้ ซึ่งจะเรียกว่าฮอปเซต (hop-set)

การครอบครองความถี่ของระบบ FH-SS จะแตกต่างจากระบบ DS-SS ซึ่งระบบ DS-SS จะครอบครองย่านความถี่ทั้งหมดในขณะที่ทำการส่งสัญญาณ ส่วนระบบ FH-SS จะใช้ส่วนเล็กๆ ของย่านความถี่ในขณะที่ทำการส่งสัญญาณ แต่ตำแหน่งของส่วนเล็กๆ ของย่านความถี่นี้จะแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา

สมมติว่าระบบ FH ทำการส่งสัญญาณในย่านความถี่ที่ 2 ระหว่างคาบเวลาแรก (ดูรูปที่ 2.9) สำหรับระบบ DS ทำการส่งสัญญาณในคาบเวลาเดียวกัน ด้วยการแผ่กำลังของสัญญาณไปยังตลอดย่านความถี่ที่ใช้งานทั้งหมด ดังนั้นกำลังที่ถูกส่งออกไปในย่านความถี่ที่ 1 จะมีค่าน้อยกว่าระบบ FH แต่อย่างไรก็ตามระบบ DS จะส่งสัญญาณในย่านความถี่ที่ 1 ระหว่างคาบเวลาทั้งหมด ใน

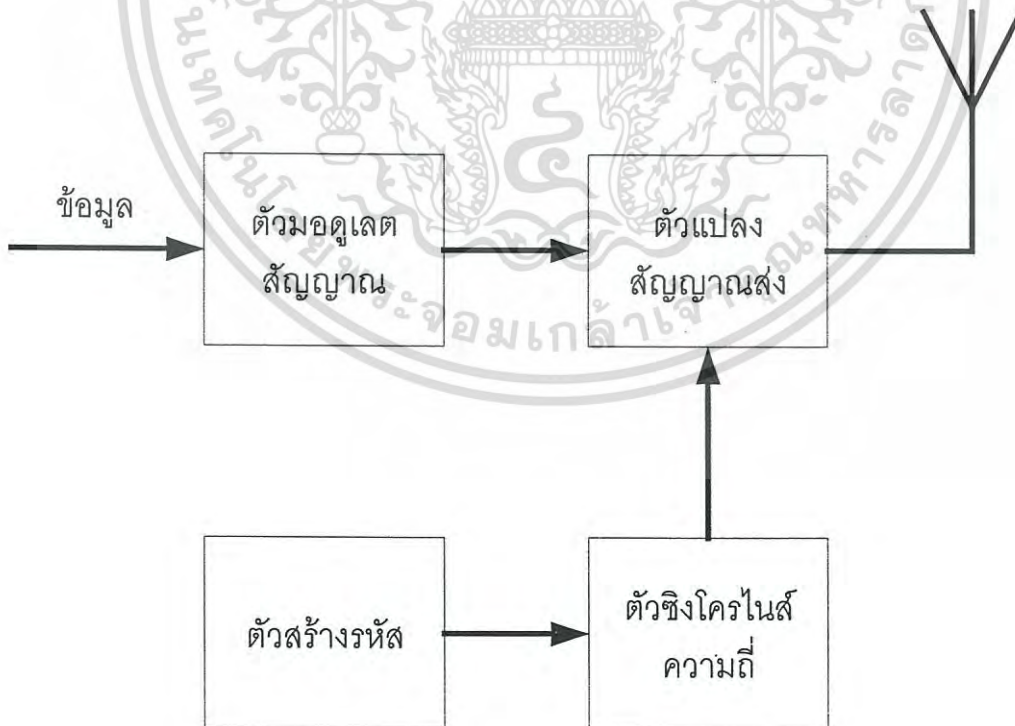
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะที่ระบบ FH จะใช้ย่านความถี่นี้เพียงบางส่วนของช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น โดยเฉลี่ยแล้วทั้ง 2 ระบบ จะทำการส่งสัญญาณด้วยกำลังที่เท่ากันในย่านความถี่นั้นๆ ความแตกต่างระหว่างระบบ FH-SS และ ระบบ DS-SS ในการใช้ย่านความถี่ได้แสดงในรูปที่ 2.9



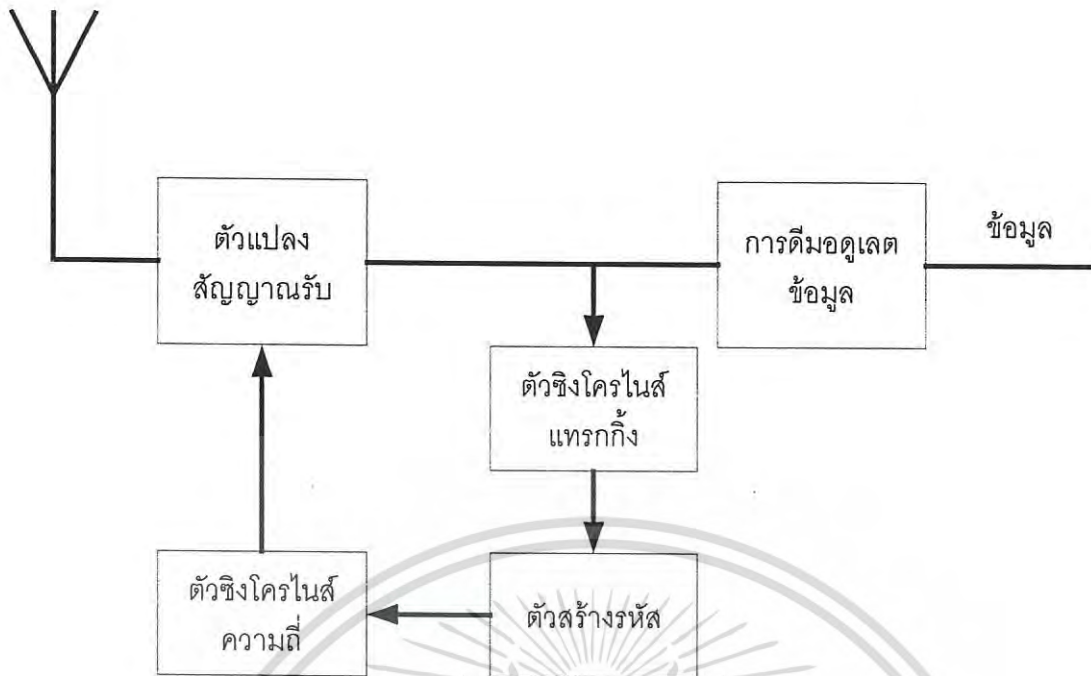
รูปที่ 2.9 การครอบครองเวลา/ย่านความถี่ของสัญญาณ FH และ DS

บล็อกโคโอดแกรมของเครื่องส่ง และเครื่องรับของระบบ FH-CDMA ได้แสดงในรูปที่ 2.10 และ รูปที่ 2.11



รูปที่ 2.10 เครื่องส่งของระบบ FH-CDMA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 เครื่องรับของระบบ FH-CDMA

สัญญาณข้อมูลเป็นสัญญาณเบสแบนด์ (baseband) ที่ถูกมอดูเลตบนสัญญาณคลื่นพาห้ ซึ่งมีเทคนิคของการมอดูเลตแบบต่างๆ สามารถนำมาใช้ในการมอดูเลตได้ แต่ก็ไม่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งานของระบบ FH ไปทั้งหมดทุกวิธี โดยปกติการมอดูเลตแบบความถี่ จะถูกนำมาใช้สำหรับสัญญาณอนาล็อก และวิธีการมอดูเลตแบบ GSK จะถูกนำมาใช้กับสัญญาณดิจิทัล การใช้ตัวซิงโครไนส์ความถี่ที่ถูกควบคุมด้วยสัญญาณรหัสทำให้ความถี่คลื่นพาห้ถูกแปลงความถี่ไปเป็นความถี่ในการส่ง

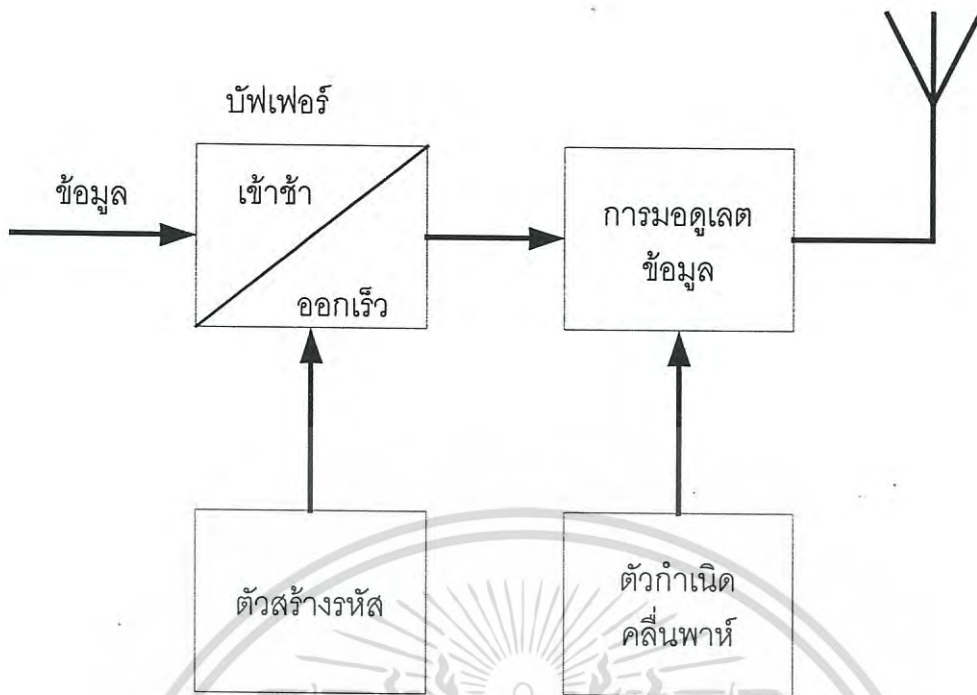
ที่เครื่องรับก็ใช้วิธีการกลับกันกับเครื่องส่ง โดยการใช้ลำดับรหัส ทางเครื่องรับแปลงสัญญาณที่ได้รับ ให้แปลงเป็นสัญญาณคลื่นพาห้ที่ถูกมอดูเลตของสัญญาณเบสแบนด์ ข้อมูลจะถูกกู้กลับคืนมาหลังจากที่ทำการดีมอดูเลตสัญญาณเบสแบนด์แล้ว วงจรซิงโครไนส์แทรกกิ้ง (synchronize/tracking) จะถูกนำมาใช้ในการกระโดดของสัญญาณคลื่นพาห้ที่ถูกสร้างขึ้นทางด้านรับ ซึ่งจะซิงโครไนส์กับรูปแบบของการกระโดดของสัญญาณคลื่นพาห้ที่ได้รับ ดังนั้นจึงสามารถทำการดีสเปรดของสัญญาณได้อย่างถูกต้อง

2.3.3 การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบการแผ่สเปกตรัมโดยวิธีการ

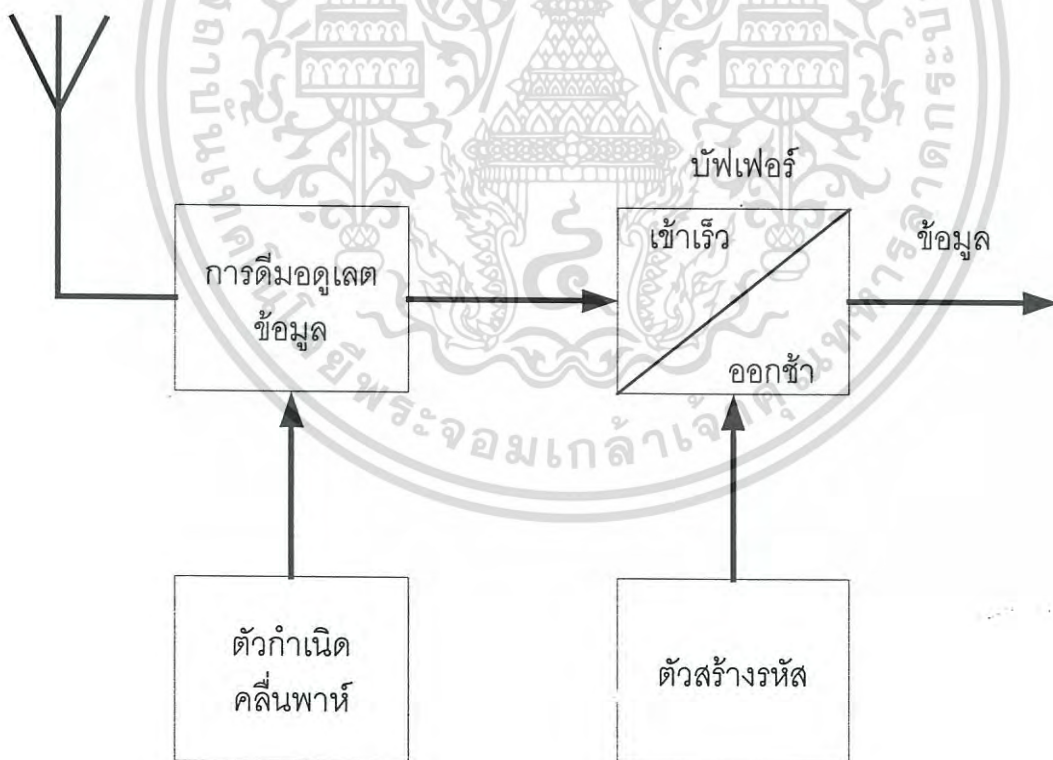
กระโดดเปลี่ยนเวลา (TH-SS)

ในระบบ TH-CDMA สัญญาณข้อมูลจะถูกส่งในระบบเบิร์สต์ (burst) ภายในช่วงเวลาที่ถูกกำหนดขึ้นด้วยรหัสของผู้ใช้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 เครื่องส่งของ TH-CDMA

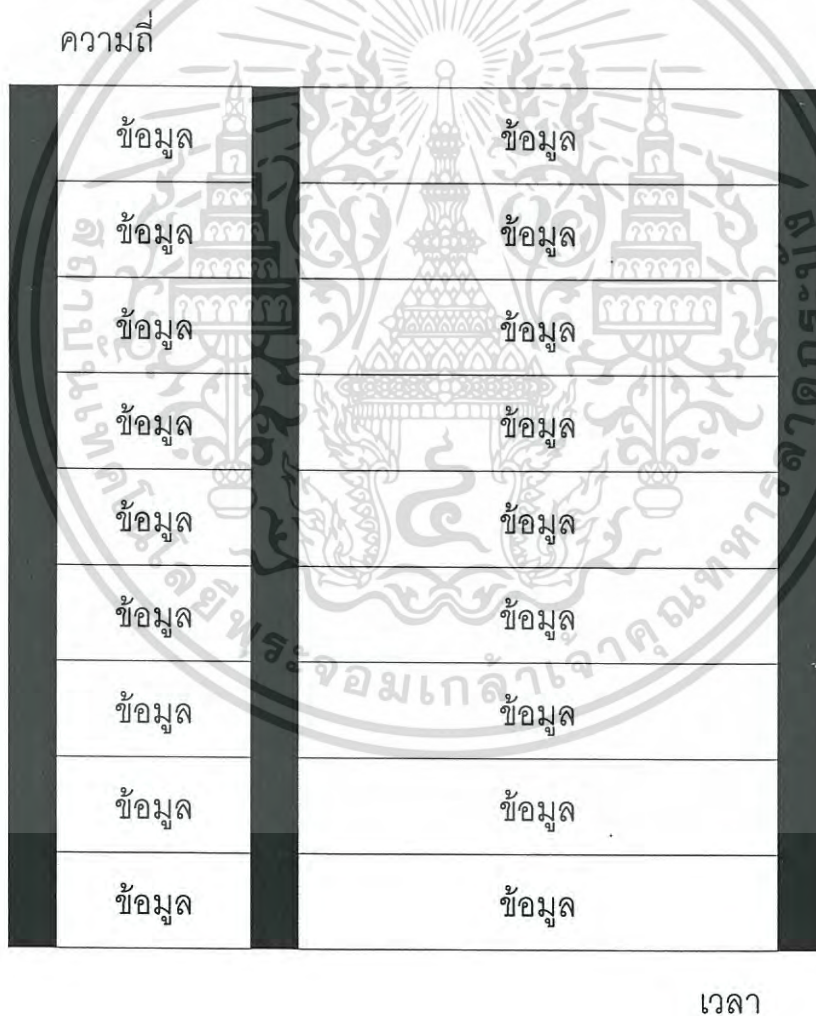


รูปที่ 2.13 เครื่องรับของ TH-CDMA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแกนเวลาทำการแบ่งออกเป็นเฟรม และแต่ละเฟรมแบ่งออกเป็น M สล็อต ช่วงระหว่างเวลาของแต่ละเฟรม ผู้ใช้บริการจะส่งสัญญาณในสล็อตใดสล็อตหนึ่งจาก M สล็อต ซึ่งแต่ละสล็อตของ M สล็อต จะส่งสัญญาณได้ขึ้นอยู่กับสัญญาณรหัสของผู้ใช้บริการที่ถูกกำหนดรหัสขึ้นมา เนื่องจากผู้ให้บริการส่งข้อมูลของผู้ใช้บริการทั้งหมดใน 1 สล็อต แทนที่จะส่งทั้งหมดใน M สล็อต ซึ่งความถี่ที่ต้องการใช้สำหรับการส่งสัญญาณจะถูกเพิ่มขึ้นด้วยตัวแปร M รูปแบบของระบบ TH-CDMA ได้แสดงในรูปที่ 2.12 และ รูปที่ 2.13

รูปที่ 2.14 แสดงการส่งสัญญาณระหว่างเวลาและความถี่ของระบบ TH-CDMA เปรียบเทียบกับรูปที่ 2.14 กับรูปที่ 2.9 จะพบว่าระบบ TH-CDMA จะใช้สเปกตรัมที่มีย่านความถี่กว้างๆ ทั้งหมดย่านความถี่ แต่จะใช้ช่วงเวลาสั้นๆ แทนที่จะใช้เพียงบางส่วนของสเปกตรัมตลอดช่วงเวลาทั้งหมด



รูปที่ 2.14 แสดงการส่งสัญญาณระหว่างเวลาและความถี่ของระบบ TH-CDMA

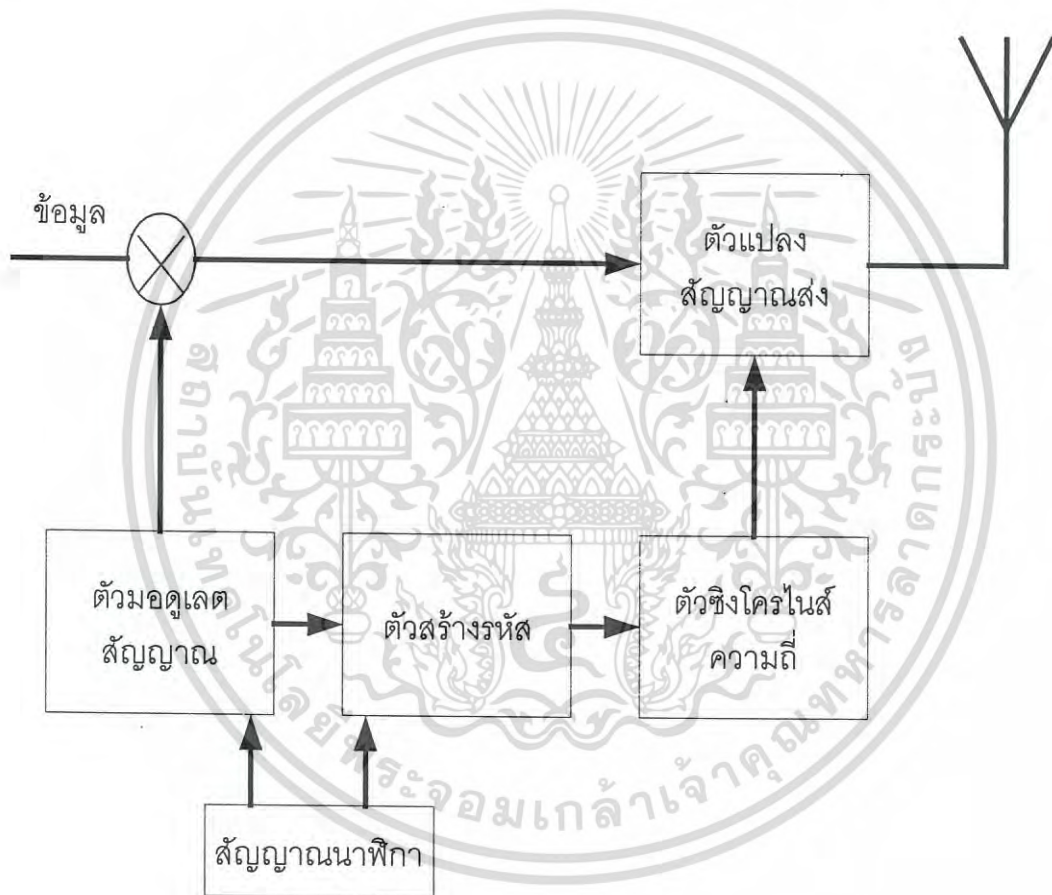
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบการแผ่สเปกตรัมแบบผสม

(Hybrid system)

CDMA แบบผสมประกอบด้วยระบบ CDMA ทั้งหมด ที่นำมาใช้ร่วมกันของเทคนิคการมอดูเลตแบบ SS ด้วย 2 วิธี หรือมากกว่านั้น ถ้ากำหนดขึ้นมาเองจากการมอดูเลตแบบ DS, FH และ TH ระบบแบบผสม จะมี 4 รูปแบบคือ DS/FH, DS/TH, FH/TH และ DS/FH/TH

แนวคิดของระบบแบบผสม คือการรวมเอาข้อดีของแต่ละวิธีการมอดูเลตมารวมกัน ตัวอย่างเช่น ระบบ DS/FH ที่ถูกนำมารวม ส่วนข้อเสียของระบบแบบผสม คือการเพิ่มความซับซ้อนของเครื่องรับและเครื่องส่ง ที่แสดงเครื่องส่งของระบบ DS/FH CDMA ในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 เครื่องส่ง DS/FH CDMA

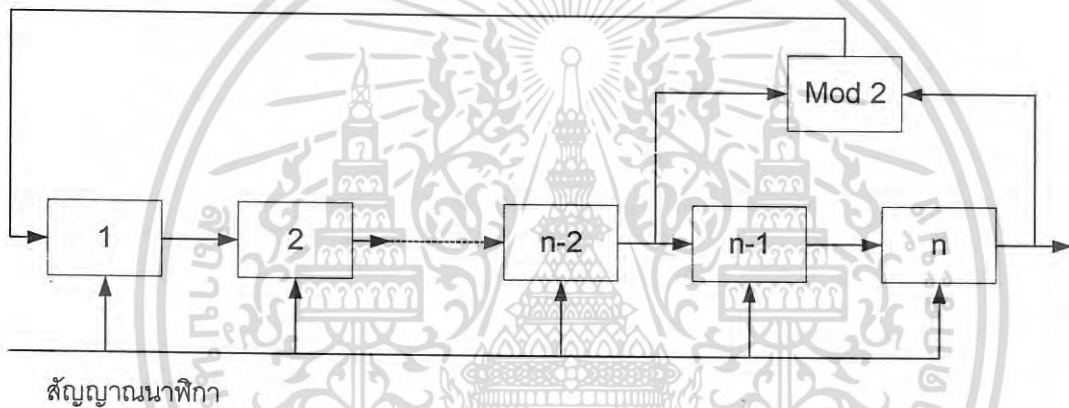
สัญญาณข้อมูลจะทำการเสปรดเป็นอย่างแรก ด้วยการใส่สัญญาณรหัส DS สัญญาณที่แผ่ออกไปจะถูกมอดูเลตกับสัญญาณคลื่นพาห์ที่มีการกระโดดความถี่ และสอดคล้องกับลำดับรหัส โดยใช้สัญญาณนาฬิกาความคุมความสัมพันธระหว่างทั้ง 2 รหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เครื่องสร้างรหัส (Code Generator)

สำหรับระบบ CDMA สิ่งสำคัญคือรหัสที่ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะถูกกำหนดรหัสขึ้น เพื่อเป็นการแยกสัญญาณรหัสที่ดี ระหว่างสัญญาณรหัสของผู้ใช้บริการที่ต้องการกับสัญญาณรหัสของผู้ใช้บริการรายอื่น ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการแทรกสอดของสัญญาณรหัสที่ต้องการจากผู้ให้บริการรายที่ไม่ต้องการ สำหรับการแยกสัญญาณรหัสทำได้โดยวิธีสหสัมพันธ์ (correlate) สัญญาณรหัสที่ได้รับกับสัญญาณรหัสของผู้ใช้บริการที่ต้องการซึ่งถูกสร้างขึ้นทางด้านเครื่องรับของภาครับ

สำหรับเครื่องสร้างรหัสนั้นการใช้ลิเนียร์ชิฟรียิสเตอร์ (Linear Shift Register) ที่มีรีจิสเตอร์หลายๆ รีจิสเตอร์ ตามความต้องการจำนวนรหัส ดังรูปที่ 2.16 เอาท์พุทเป็นรหัสเลขฐานสองของลิเนียร์ชิฟรียิสเตอร์นี้ จะถูกเพิ่มด้วยการมอดูโล 2 (modulo 2) กับข่าวสารที่เป็นรหัสฐานสองเหมือนกัน ซึ่งผลที่ได้จะถูกนำมาใช้ในการมอดูเลตกับสัญญาณคลื่นพาห้



รูปที่ 2.16 ลิเนียร์ชิฟรียิสเตอร์

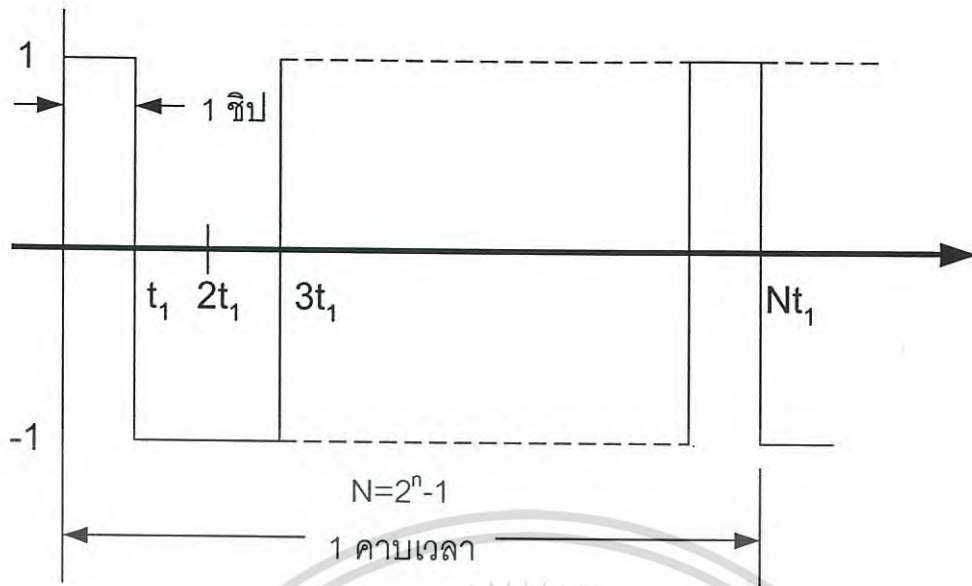
เครื่องสร้างรหัสจะทำการสร้างลำดับรหัสเป็นคาบเวลา โดยที่ลำดับรหัสจะสามารถวนซ้ำตัวเองได้ ซึ่งลำดับรหัสที่เป็นคาบเวลานี้ได้แสดงดังรูปที่ 2.17 ช่วงเวลาของ t_1 เรียกว่าความกว้างชิป ซึ่งคาบเวลาทั้งหมดประกอบด้วย N ชิป เมื่อรหัสถูกสร้างขึ้นด้วยลิเนียร์ชิฟรียิสเตอร์ ค่าของ N มีค่าเป็น $2^n - 1$ ซึ่ง n คือ จำนวนของชิฟรียิสเตอร์ (shift register) ในเครื่องสร้างรหัส เหตุผลที่สำคัญของการใช้ชิฟรียิสเตอร์ คือ ความต้องการคุณสมบัติของอัตสหสัมพันธ์ (autocorrelation) ของรหัส ฟังก์ชันของอัตสหสัมพันธ์ของลำดับรหัสได้แสดงดังรูปที่ 2.18

คุณสมบัติของอัตสหสัมพันธ์คือ จะให้ค่ามากที่สุด 1 ค่า ทุกๆ คาบเวลาที่ทำการทวนซ้ำตัวมันเอง แต่ค่าระหว่างค่าสูงสุดนี้ จะมีระดับคงที่ คือ $-(1/N)$ ถ้า N มีค่ามากๆ ค่าสูงสุดของอัตสหสัมพันธ์จะแคบลงตามไปด้วย ซึ่งลำดับรหัสที่ทำการสหสัมพันธ์ (correlation) จะมีคุณสมบัติตามคุณสมบัติของอัตสหสัมพันธ์ได้นั้น ลำดับรหัสที่นำมาทำการสหสัมพันธ์จะมีลำดับรหัสที่ตรงกัน

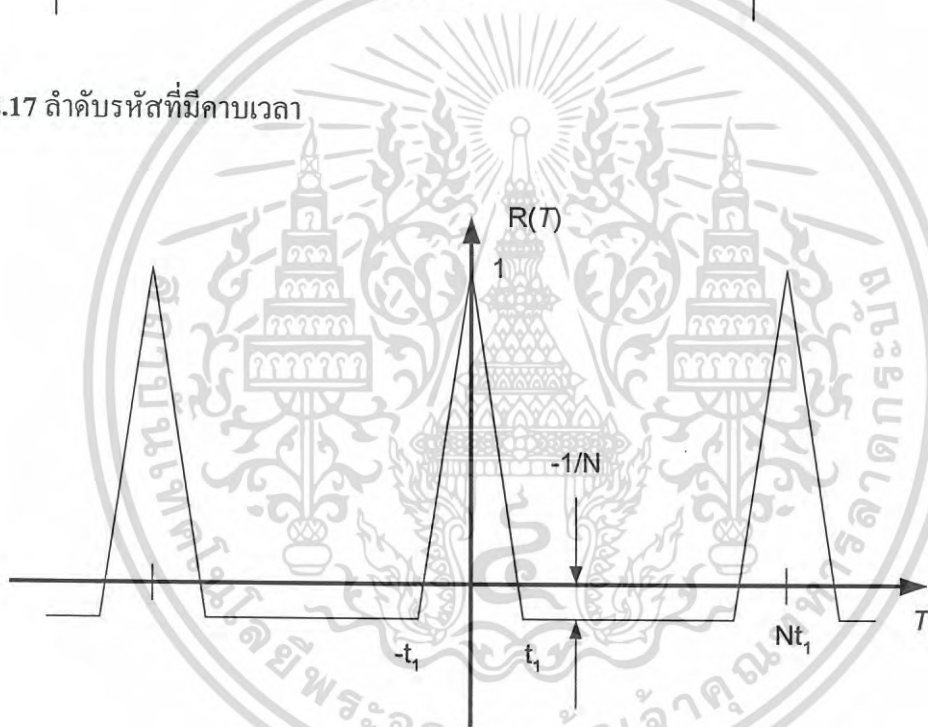
เมื่อทำการทวนซ้ำตัวเองแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม **39630** และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



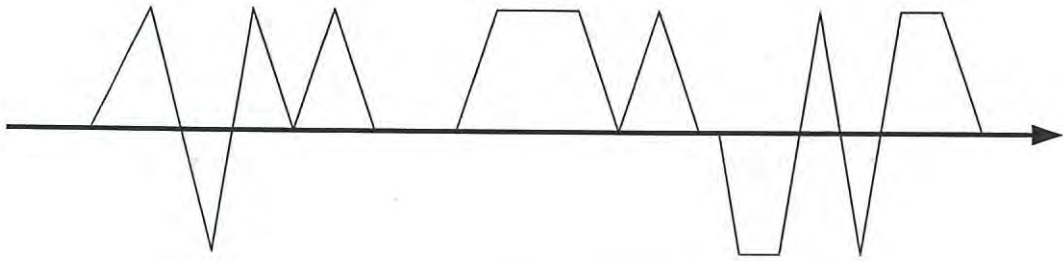
รูปที่ 2.17 ลำดับรหัสที่มีคาบเวลา



รูปที่ 2.18 ฟังก์ชันของอัตสหสัมพันธ์ของลำดับรหัส

และอีกคุณสมบัติหนึ่งของลำดับรหัสที่ต้องการคือ สหสัมพันธ์ข้าม (cross-correlation) น้อยๆ ระหว่างรหัสที่ถูกกำหนดขึ้นกับผู้ใช้บริการในแต่ละรายที่มีรหัสแตกต่างกันออกไป ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.19 สัญญาณที่ถูกสหสัมพันธ์เรียบร้อยแล้ว จึงต้องมีคุณสมบัติของทั้ง 2 ฟังก์ชัน เพื่อให้ทราบว่า ลำดับรหัสเครื่องส่ง ตรงกับลำดับรหัสทางด้านรับ ซึ่งถ้ารหัสทางเครื่องส่งและทางเครื่องรับตรงกัน สัญญาณที่ถูกสหสัมพันธ์เรียบร้อยแล้วจะมีคุณสมบัติของอัตสหสัมพันธ์ หรือมีคุณสมบัติของสห

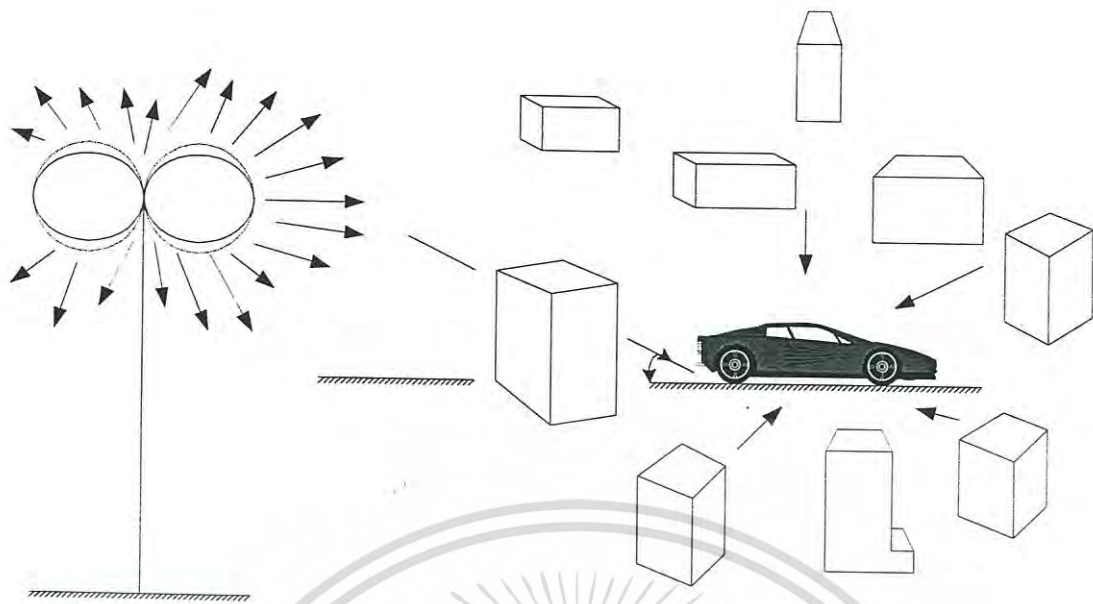
สัมพันธ์ข้ามบ่อยๆ หากทั้งสองรหัสทางเครื่องส่งและเครื่องรับไม่ตรงกันสัญญาณที่ถูกสหสัมพันธ์ จะมีคุณสมบัติไปตามสหสัมพันธ์ข้าม



รูปที่ 2.19 ฟังก์ชันของสหสัมพันธ์ข้ามของลำดับรหัส

2.5 ลักษณะเส้นทางการแพร่สัญญาณของระบบการสื่อสารไร้สาย

สำหรับการออกแบบระบบการสื่อสารไร้สาย สิ่งที่สำคัญเป็นอย่างมากคือ ความเข้าใจลักษณะของเส้นทางการแพร่กระจายสัญญาณ ซึ่งการแพร่กระจายของสัญญาณอาจถูกรบกวนจากสภาวะแวดล้อมภายนอกเช่น บ้าน และสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ที่สามารถพบได้ทั้งนอกเมืองและในเมือง สิ่งปลูกสร้างต่างๆ เหล่านี้ เป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดการกระจัดกระจายของสัญญาณ และในการออกแบบสภาวะแวดล้อมของหน่วยการสื่อสารเคลื่อนที่ (mobile radio) ก็บริษัทมีของเครือข่ายขนาดใหญ่ ต้องพิจารณาจากความสูงของสายอากาศของสถานีฐาน (base-station) และสายอากาศของหน่วยการสื่อสารเคลื่อนที่ จากสภาวะแวดล้อมเหล่านี้หน่วยการสื่อสารเคลื่อนที่จะได้รับสัญญาณสะท้อนกลับจำนวนมาก แต่ยังมีสัญญาณอีกสัญญาณหนึ่ง ที่เป็นลักษณะ LOS (Line of Sight) ซึ่งสัญญาณต่างๆ เหล่านี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 สถานะแวดล้อมของหน่วยการสื่อสารเคลื่อนที่

ลักษณะของเส้นทางการแพร่กระจาย (propagation path) สามารถแยกออกได้เป็น 3 องค์ประกอบที่สำคัญ 3 อย่าง [2] คือ

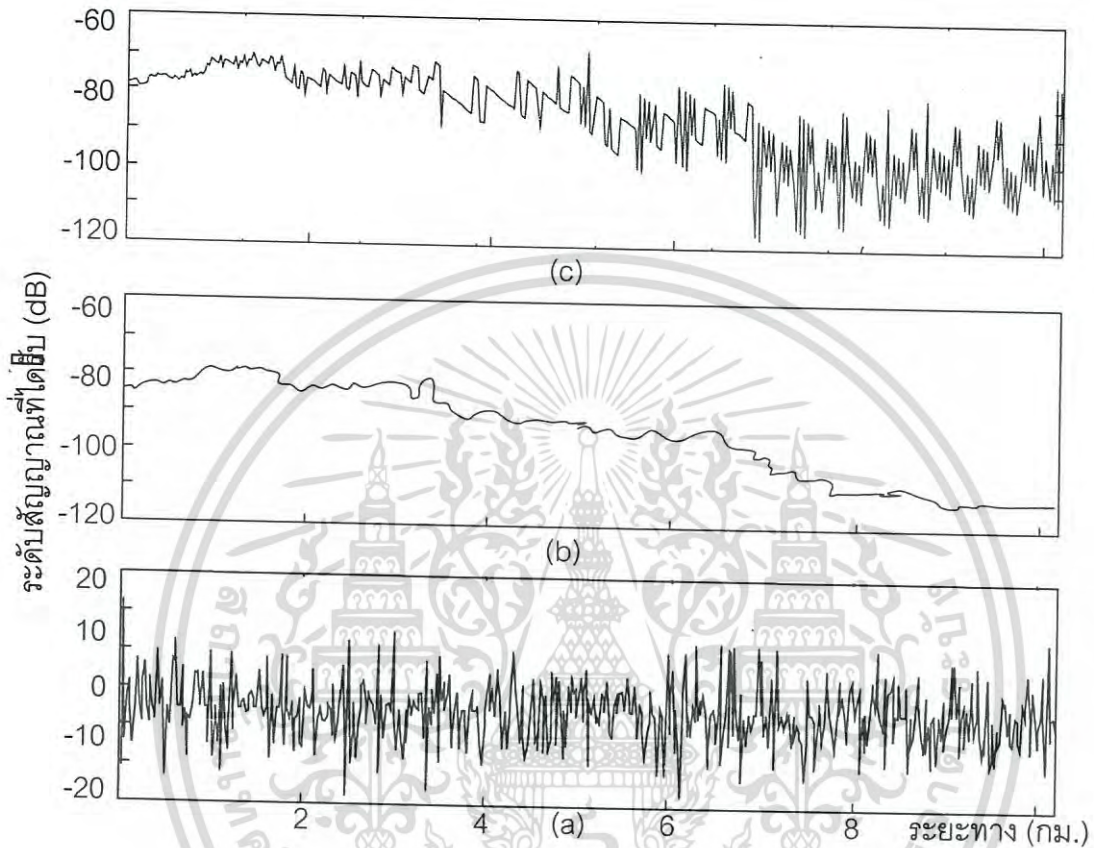
- เส้นทางการสูญหายเนื่องจากระยะห่างระหว่างสถานีฐานกับหน่วยการสื่อสารเคลื่อนที่
- การสูญเสียเนื่องจากถูกบัง (Shadowing) ซึ่งจากการถูกบดบังจากสิ่งก่อสร้าง หรือต้นไม้, ภูเขา เป็นต้น
- วิธีต่างๆ ของสัญญาณเฟดดิ้ง (Multipath fading) เนื่องจากการแพร่กระจายของสัญญาณถูกบดบังด้วยสิ่งก่อสร้างที่มนุษย์ได้สร้างขึ้น

จากรูปที่ 2.21 แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงระดับของสัญญาณที่สามารถรับได้ ในช่วงที่สั้นมากๆ พบว่าสัญญาณมีความถี่มาก และมีการเปลี่ยนแปลงของสถานะแวดล้อมอย่างรวดเร็ว สาเหตุเนื่องมาจาก การรบกวนซึ่งกันและกันระหว่างสัญญาณที่รับจากหลายๆ ทิศทางมารวมกัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงนี้จึงเรียกว่าวิธีต่างๆ ของสัญญาณเฟดดิ้ง

ถ้านำการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วนี้ออกไป โดยการเฉลี่ยระดับสัญญาณที่ได้รับ บนความยาวคลื่นที่สั้นมาก ซึ่งมันยังคงมีการเปลี่ยนแปลงระดับของสัญญาณต่ำๆ อยู่ ซึ่งเรียกว่า การสูญเสียเนื่องจากถูกบัง (shadowing) ซึ่งมีสาเหตุมาจากความไม่เป็นระเบียบของสภาพภูมิประเทศ รวมถึงสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้น และความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงนี้ สามารถประมาณได้ด้วย การแจกแจงแบบปรกติล็อก (log-normal distribution) ส่วนมากเรียกว่า ลอนเทอมเฟดดิ้ง (long-term fading)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการพิจารณาระยะทางไกลออกไป การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเข้าอย่างมาก ซึ่งเราจะได้ค่าเฉลี่ยของระดับสัญญาณของพื้นที่นั้นๆ ซึ่งค่าเฉลี่ยพื้นที่นี้เรียกว่าวิถีการสูญเสีย (Path loss) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงเนื่องจากระยะห่างระหว่างสถานีฐานกับหน่วยการสื่อสารเคลื่อนที่



รูปที่ 2.21 ตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงระดับของสัญญาณที่ได้รับตามพื้นที่ตัวอย่างต่างๆ
 (a) การเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ได้รับเนื่องจากทั้งที่มีการสูญเสียเนื่องจาก
 กระจกบัง (shadowing) และเส้นทางการสูญเสีย
 (b) การเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ได้รับเนื่องจากเส้นทางการสูญเสีย
 (c) การเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ได้รับเนื่องมาจากการสูญเสียเนื่องจากกระจกบัง

2.5.1 การแพร่กระจายของเส้นทางการสูญเสีย (propagation path loss)

ในการสูญเสียในอวกาศว่าง (free space loss) สาเหตุของการแพร่กระจายของเส้นทางการสูญเสียคือ ความถี่ f และระยะทาง d เท่านั้น ดังแสดงในสมการที่ 2.1

$$\frac{P_{or}}{P_i} = \frac{1}{(4\pi df / c)^2} = \frac{1}{[4\pi(d/\lambda)]^2} \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โดยที่ c เป็นความเร็วแสง
 λ เป็นความยาวคลื่น
 P_t เป็นกำลังของการส่ง
 P_{or} เป็นกำลังของการรับในอวกาศว่าง (free space)

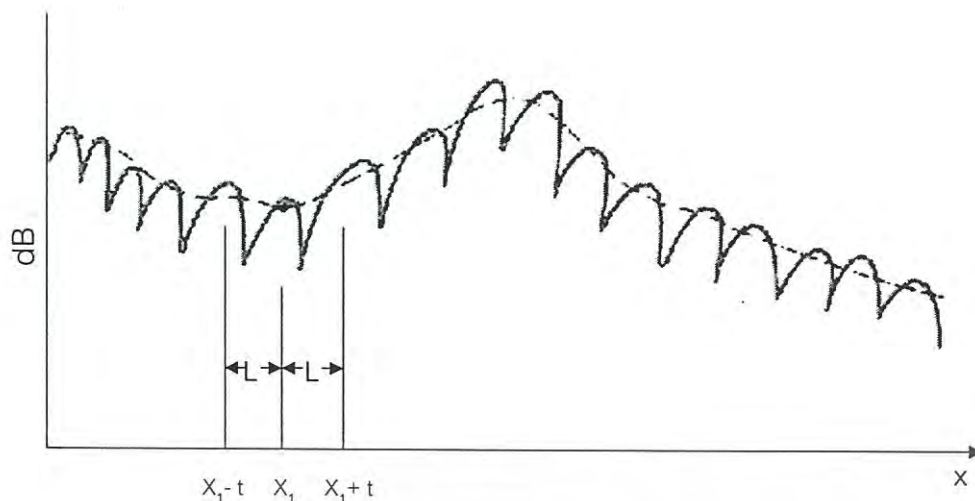
ในสมการ (2.1) กำลังของสัญญาณที่ได้รับทั้ง 2 ในอวกาศว่าง (free space) ต่างกัน เนื่องมาจากระยะทางที่แตกต่างกัน ค่าที่ต่างกันนี้คือ

$$\Delta_p = 10 \log \left(\frac{P_{or2}}{P_{or1}} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{d_1}{d_2} \right) \text{ (dB)} \quad (2.2)$$

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นการแพร่กระจายของเส้นทางการสูญหาย ในสภาวะแวดล้อมของหน่วยการสื่อสารเคลื่อนที่ จะไม่เกี่ยวข้องกับความเร็วและระยะทางแต่จะเกี่ยวข้องกับความสูงของสายอากาศที่สถานีฐาน และหน่วยการสื่อสารเคลื่อนที่, ลักษณะภูมิประเทศ, และสภาวะแวดล้อมที่มนุษย์ได้สร้างขึ้น ถ้าตัวประกอบเหล่านี้เพิ่มมากขึ้นเป็นการยากที่จะสามารถคาดเดาลักษณะของการแพร่กระจายของสัญญาณ

2.5.2 การสูญเสียเนื่องจากถูกบัง (Shadowing)

เนื่องจากเส้นทางการสูญหายแทนด้วยลักษณะของค่าเฉลี่ยเส้นทางการแพร่กระจาย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณที่ได้รับจริงๆ มีสาเหตุมาจากหลายๆ ตัวแปร โดยปกติ มักเรียกการเปลี่ยนแปลงนี้ว่า การสูญเสียเนื่องจากถูกบัง (shadowing) หรือลองเทอมเฟดดิ้ง (long-term fading) ซึ่งลองเทอมเฟดดิ้ง เป็นค่าเฉลี่ยหรือเอนVELOPE ของสัญญาณเฟดดิ้ง (fading signal) ได้แสดงดังรูปที่ 2.22 ซึ่งแต่ละค่าของลองเทอมเฟดดิ้งสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยของแต่ละตำแหน่งของค่าที่ได้รับจริง

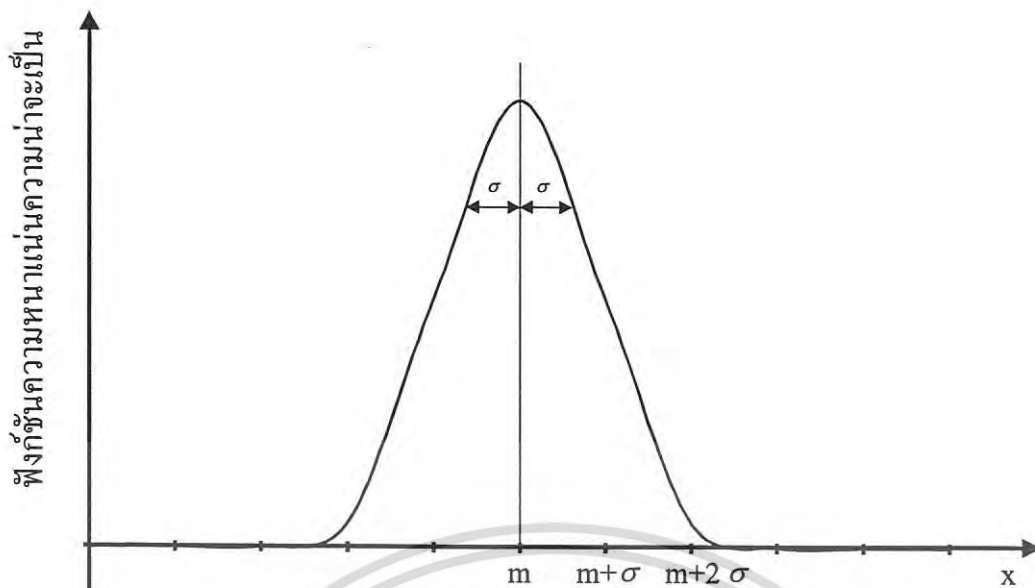


รูปที่ 2.22 เอนVELOปของสัญญาณที่มีลักษณะแบบลองเทอมเฟดดิ้ง

สภาพภูมิประเทศที่มีความแน่นอนเป็นสาเหตุทำให้เกิดลองเทอมเฟดดิ้ง (long-term fading) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิประเทศที่แน่นอนนี้ สามารถที่จะทำการแสดงการเปลี่ยนแปลงทางคณิตศาสตร์ได้จากการแจกแจงปรกติล็อก (log-normal distribution) ดังรูปที่ 2.23 มีซึ่งฟังก์ชันของการกระจายความน่าจะเป็นดังนี้

$$p(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} \exp\left[-\frac{(X-M)^2}{2\sigma_0^2}\right] \quad (2.3)$$

ซึ่ง X เป็นตัวแปร
 M เป็นค่าเฉลี่ยของตัวแปร
 σ เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) [dB]



รูปที่ 2.23 การกระจายแบบปรกติล็อก (log-normal)

2.5.3 วิธีต่างๆ ของสัญญาณเฟดดิ้ง (Multipath fading)

สำหรับระบบการสื่อสารไร้สาย พิจารณาการแพร่กระจายของเส้นทางการสูญหายที่เกิดขึ้นใน NLOS (Non-Line of Sight) สัญญาณที่ได้รับจำนวนมากมาจากกระจายของสัญญาณ, การสะท้อนกลับของสัญญาณ หรือการแพร่ของสัญญาณ เนื่องจากตัวอุปสรรค หรือสิ่งกีดขวางจำนวนมากรอบๆ เครื่องรับสัญญาณ เช่น ผนัง เพดาน พื้น หรือสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ ที่มนุษย์ได้สร้างขึ้น ซึ่งสัญญาณที่ได้รับนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความไม่แน่นอนของสิ่งกีดขวางหรือตัวอุปสรรคอื่นๆ ซึ่งเรียกว่าช็อตเทอมเฟดดิ้ง (short-term fading) สัญญาณที่ได้รับจำนวนมากนี้สามารถแทนด้วยการแจกแจงทางคณิตศาสตร์แบบ การแจกแจงแบบเรย์ลี (Rayleigh distribution) จากรูปที่ 2.24 เมื่อสัญญาณลำดับที่ i เข้ามาที่หน่วยของการสื่อสารเคลื่อนที่ที่กำลังเคลื่อนที่อยู่ที่มุม θ_i ความถี่ของมันคือ

$$f_i = f_d \cos \theta_i \quad (2.4)$$

$$f_d = \frac{v}{c} f_c \quad (2.5)$$

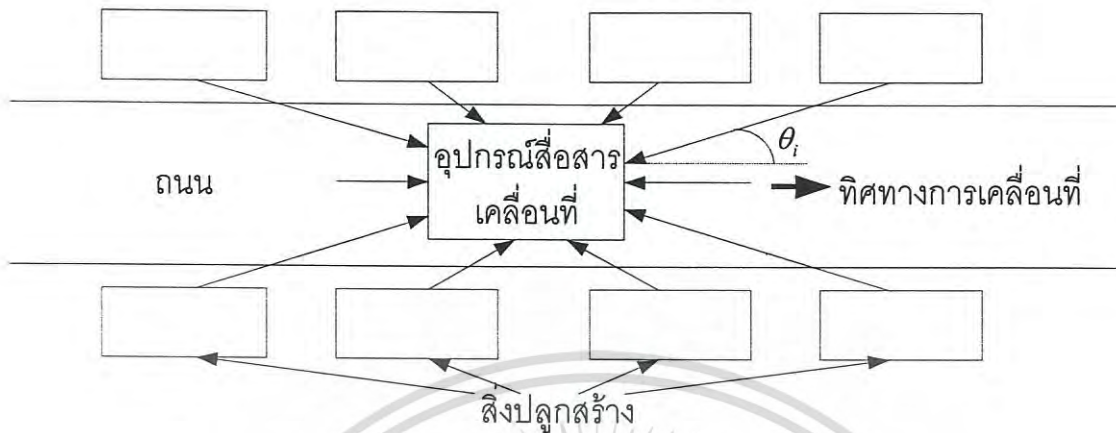
เนื่องจากผลกระทบของดรอปปเปอร์ (dropper)

ซึ่ง f_d เป็นความถี่ดรอปปเปอร์

v เป็นความเร็ว m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

c เป็นความเร็วแสง
 f_c เป็นความถี่คลื่นพาห้



รูปที่ 2.24 แบบจำลองเงื่อนไขของเส้นทางการแพร่กระจาย

สมมติว่า สัญญาณลำดับที่ i มีแอมพลิจูดมีค่าเท่ากับ A_i เฟสเท่ากับ ϕ_i ที่กำลังเข้ามาทำมุม θ_i กับสัญญาณที่ส่งนี้คือ

$$S_T(t) = \text{Re}[m(t) \exp(j2\pi f_c t)] \quad (2.6)$$

สัญญาณที่ได้รับ คือ

$$\begin{aligned} S_R(t) &= \text{Re} \left[\sum_{i=-\infty}^{\infty} A_i m(t) \exp\{j2\pi(f_c + f_d \cos \theta_i)t + \phi_i\} \right] \\ &= \text{Re}[c(t)m(t) \exp(j2\pi f_c t)] \end{aligned} \quad (2.7)$$

ซึ่ง

$$c(t) = c_I(t) + j \cdot c_Q(t) \quad (2.8)$$

$$c_I(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} A_i \cos(2\pi f_d \cos \theta_i t + \phi_i) \quad (2.9)$$

$$c_Q(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} A_i \sin(2\pi f_d \cos \theta_i t + \phi_i) \quad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

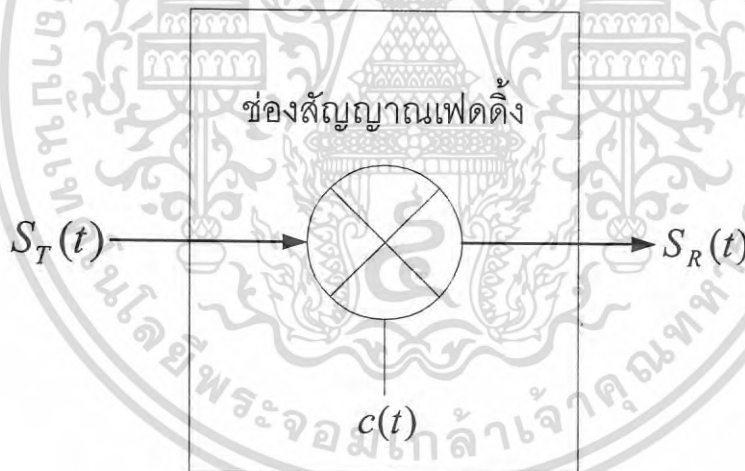
ซึ่ง ค่าเฉลี่ยกำลังของสัญญาณที่ได้รับมีค่าเป็น

$$b_0 = \frac{1}{2} \sum_{i=-\infty}^{\infty} A_i^2 \quad (2.11).$$

ดังนั้นช่องสัญญาณเฟดดิ้งแสดงได้ดังรูปที่ 2.25 เนื่องจากสัญญาณต่างๆ เข้ามาที่หน่วยการสื่อสารเคลื่อนที่ที่เป็นจำนวนมาก กำหนดให้ $c_I(t)$ และ $c_Q(t)$ เป็นตัวแปรสุ่มแบบเกาส์ (Gaussian random variable) ซึ่งจะได้ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นร่วม (joint probability density function) มีค่าเป็น

$$p(c_I, c_Q) = \frac{1}{2\pi b_0^2} \exp\left(-\frac{c_I^2 + c_Q^2}{2b_0^2}\right) \quad (2.12)$$

เมื่อสมมติให้ θ_i และ ϕ_i เป็นการกระจายเสมอภาค (uniform distribution) จาก $0-2\pi$ และแต่ละวิถี (path) มีแอมพลิจูดเป็น $A_i = A$



รูปที่ 2.25 จำลองช่องสัญญาณเฟดดิ้ง

จากกระบวนการสุ่มที่มีความซับซ้อนในพิกัดเชิงขั้ว (polar coordinate) นำมาแทนในพิกัดตั้งฉาก (orthogonal coordinate) ซึ่งจะได้การเปลี่ยนแปลงของแอมพลิจูด และเฟส ของเฟดดิ้งเมื่อเราสมมติให้

$$\begin{aligned} c(t) &= c_I(t) + j \cdot c_Q(t) \\ &= r(t) \exp(j\theta(t)) \end{aligned} \quad (2.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีนี้ $r(t)$ และ $\theta(t)$ หาได้จาก

$$r(t) = \sqrt{c_I^2(t) + c_Q^2(t)} \quad (2.14)$$

$$\theta(t) = \tan^{-1} \left(\frac{c_Q(t)}{c_I(t)} \right) \quad (2.15)$$

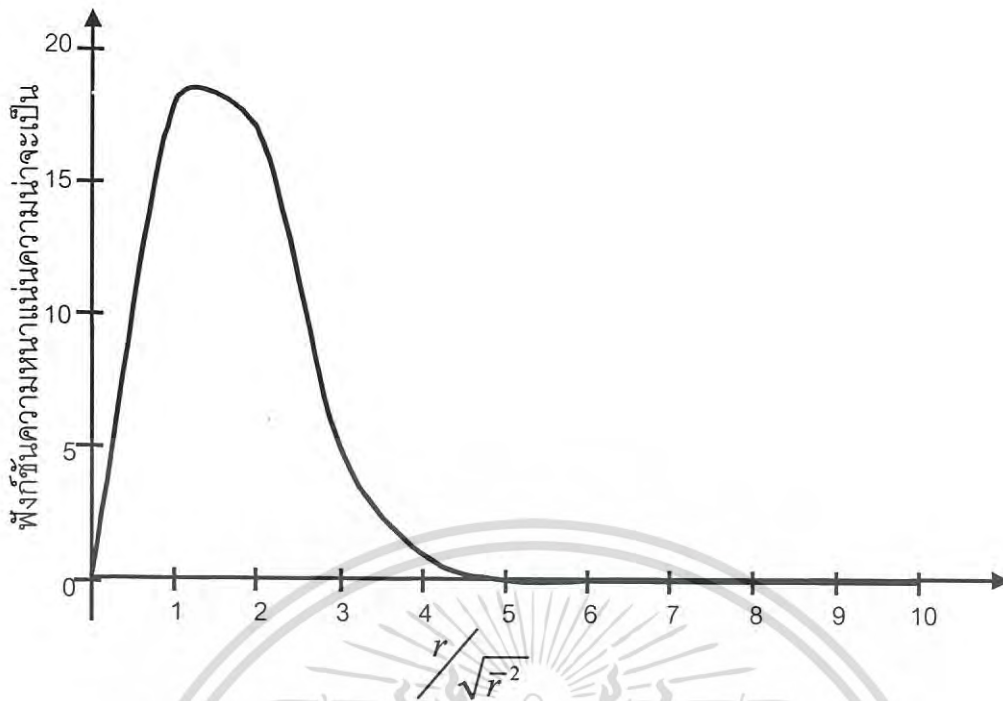
จากฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นร่วมของ r และ θ สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$\begin{aligned} p(r, \theta) &= p(r)p(\theta) \\ &= \frac{r}{2\pi\sigma^2} \exp \left[-\frac{r^2}{2\sigma^2} \right] \end{aligned} \quad (2.16)$$

$$p(r) = \frac{r}{\sigma^2} \exp \left(-\frac{r^2}{2\sigma^2} \right) \quad (2.17)$$

$$p(\theta) = \frac{1}{2\pi} \quad (2.18)$$

จากสมการที่ (2.17) แสดงฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของแอมพลิจูดที่มีการกระจายแบบเรย์ลี (Rayleigh) แสดงดังรูปที่ 2.26 ซึ่งมีเฟสเป็นการกระจายเสมอภาคที่มีขนาด $-\pi$ ถึง π ดังนั้นเฟดดิ้ง นี้เรียกว่าเรย์ลีเฟดดิ้ง (Rayleigh fading)



รูปที่ 2.26 การกระจายของเรย์ลี (Rayleigh)

2.5.4 การหุมนวนของการกระจาย (distribution-Convolution)

2.5.4.1 แนวความคิดทั่วไป

ในจำนวนของสัญญาณสุ่ม (random signal) ที่นำมารวมกันของทั้ง 2 สัญญาณสุ่มที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน หรือมากกว่า 2 สัญญาณที่นำมารวมกัน [3] เมื่อตัวแปรสุ่ม (random variable) z คือผลรวมของ 2 ตัวแปรสุ่ม x และตัวแปรสุ่ม y ที่เป็นอิสระต่อกัน จะได้ผลรวมเป็น $z = x + y$ ซึ่งผลรวมนี้จะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ค่าเฉลี่ยของ z คือผลรวมของค่าเฉลี่ย x และ y
2. ค่าความแปรปรวนของ z คือผลรวมของค่าความแปรปรวน x และ y
3. ค่าเฉลี่ยของผลคูณของ xy มีค่าเท่ากับผลคูณของค่าเฉลี่ยของ x และ y

สิ่งจำเป็นที่ควรรู้ว่าผลของสัญญาณรวม (resulting signal) เป็นผลรวมของค่าคณิตศาสตร์ เช่นถ้าตัวแปรเป็นผลของเส้นทางการสูญหาย Z dB ที่ได้มาจากการรวมกันของการสูญเสียช็อดเทอม (short-term loss) X dB และการสูญเสียช็อดเทอม (long-term loss) Y dB สิ่งเกตุว่าการสูญหายทั้งหมดจะเป็นผลรวมของการสูญหายในหน่วยเดซิเบล นั่นคือ

$$Z = X + Y \quad (2.19)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามในกรณีที่มีตัวแปรระดับสัญญาณรบกวน I_z dBm ซึ่งเป็นผลที่ได้มาจากการรวมกันของสัญญาณรบกวนทั้ง 2 ช่องสัญญาณที่เชื่อมต่อกัน ด้วยระดับสัญญาณรบกวน I_x dBm และ I_y dBm ซึ่งมันเป็นไปได้ที่จะนำมารวมกันโดยการรวมกันในหน่วยของ dB โดยตรง สิ่งแรกก็คือนำค่าทั้งสองมาทำการแปลงให้เป็นหน่วยกำลังก่อนคือ mW หรือ pW และผลของการรวมกันจึงจะถูกแปลงกลับมาเป็น dBm โดยที่กระบวนการนี้สามารถแสดงเป็นคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$I_z = 10 \log(10^{0.1I_x} + 10^{0.1I_y}) \quad (2.20)$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นสำหรับตัวแปร $z = x + y$ ซึ่งมีความหนาแน่น $p(x)$ และ $q(y)$ ที่สามารถเขียนได้ด้วยสมการของการหมุนวน (convolution) ดังนี้

$$p(z) = p(x) * q(y) = \int_{-\infty}^{\infty} p(z-y)q(y)dy \quad (2.21)$$

ถ้า $P(x)$ เป็นผลรวมของค่า $p(x)$ ค่าฟังก์ชันการกระจายสะสม (cumulative distribution function) ของ z กำหนดให้เป็น

$$P(z) = P(x) * q(y) = \int_{-\infty}^{\infty} P(z-y)q(y)dy \quad (2.22)$$

2.5.4.2 การหมุนวนของการแจกแจงปรกติล็อก(log-normal) และการแจกแจงแบบเรย์ลี (Rayleigh)

สิ่งสำคัญที่ต้องทราบการกระจายสะสม (cumulative distribution) ของระดับของสัญญาณ ซึ่งตัวแปรชอร์ตเทอมเรย์ลี (short-term Rayleigh) ที่ขึ้นอยู่กับแอมพลิจูดของตัวแปรลองเทอมปรกติล็อก (long-term log-normal)

พิจารณาตัวอย่างในกรณีที่มีสัญญาณแบบสุ่ม S dB ทำการออสซิลเลต (oscillate) ด้วย Z dB รอบๆ ตัวกลางที่มีค่าเป็น M dB ดังนั้น

$$S(dB) = M(dB) + Z(dB) \quad (2.23)$$

Z dB เป็นผลรวมของตัวแปรเรย์ลี (Rayleigh) ของสัญญาณ X dB และ ตัวแปรเกาส์ Y dB รอบๆ ตัวกลางที่มีค่าเป็น M dB ดังนั้น

$$Z(\text{dB}) = X(\text{dB}) + Y(\text{dB}) \quad (2.24)$$

จากสมการ (2.17) ฟังก์ชันการกระจายสะสมของความน่าจะเป็น $P(r)$ ซึ่งเป็นการรวมค่า r ที่ได้จากการอินทิเกรตจากค่า r ถึงค่า ∞ จะได้

$$P(r) = \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.25)$$

ถ้า r เป็นโวลต์ ซึ่ง r^2 เป็นสัดส่วนกับ กำลังของสัญญาณ W และ $2\sigma^2$ ซึ่งเป็นผลรวมของค่ากำลังเฉลี่ยของ 2 องค์ประกอบที่ตั้งฉากกัน ซึ่งสัดส่วนของค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณเป็น W_m ความน่าจะเป็นของกำลัง W เขียนได้เป็น

$$P(W) = \exp\left(-\frac{W}{W_m}\right) \quad (2.26)$$

ดังนั้นการกระจายแบบเรย์ลี (Rayleigh) ของค่าโวลต์ กลายเป็น การกระจายแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (exponential) ของค่ากำลัง จากสมการ (2.26) เราสามารถเขียนในเทอมของค่ากลาง W_M ซึ่งค่า $P(W_M) = 0.5$ จะได้

$$P(W) = \exp\left\{-\ln 2 \frac{W}{W_M}\right\} = \exp\left(-0.7 \frac{W}{W_M}\right) \quad (2.27)$$

ดังนั้นพิจารณาที่ระดับสัญญาณ $X(\text{dB})$ และ $U(\text{dB})$ ซึ่งเป็นค่ากำลังกลาง และค่ากำลังเฉลี่ย ดังนี้

$$X(\text{dB}) = 10 \log\left(\frac{W}{W_M}\right) \text{ dB} \quad \text{ที่เป็นค่ากำลังกลาง} \quad (2.28)$$

$$U(\text{dB}) = 10 \log\left(\frac{W}{W_M}\right) \text{ dB} \quad \text{ที่เป็นค่ากำลังเฉลี่ย} \quad (2.29)$$

ค่าแตกต่างระหว่างระดับค่าเฉลี่ย และระดับค่ากลาง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X - U = 10 \log \left(\frac{W}{W_M} \right) = 10 \log \left(\frac{1}{\ln 2} \right) = 1.6 \text{ dB} \quad (2.30)$$

ค่ากำลังเฉลี่ยสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยกำลังสองของค่าแอมพลิจูด และไม่มีค่าแอม-พลิจูดเฉลี่ย ซึ่งขึ้นอยู่กับ อัตราส่วนระหว่างค่า X และ U ซึ่งสามารถเขียนได้เป็นดังนี้

$$s = \frac{W}{W_m} = 10^{0.1U} \quad (2.31)$$

$$s = (\ln 2) \frac{W}{W_M} = 0.7 \times 10^{0.1X} \quad (2.32)$$

ในฟังก์ชันของค่า $P(x)$ ในสมการที่ (2.22) กลายเป็น

$$P(X) = P(Z - Y) \quad (2.33)$$

$$P(Z - Y) = \exp(-0.7 \times 10^{0.1(Z-Y)}) \quad (2.34)$$

จากสมการที่ (2.3) จะได้

$$dp = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{Y^2}{2\sigma^2}\right\} dY \quad (2.35)$$

โดยที่ $Y = X - M$

ใช้สมการที่ (2.35) ค่าของฟังก์ชัน $q(y)$ ของสมการที่ (2.22) กลายเป็น

$$q(Y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{Y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.36)$$

ดังนั้นการหุมนวนของค่า $P(Z - Y)$ และ $q(Y)$ สามารถเขียนได้เป็น

$$P(Z) = \frac{1}{\sigma^2 \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-0.7 \times 10^{0.1(Z-Y)}) \exp\left(-\frac{Y^2}{2\sigma^2}\right) d\left(\frac{Y}{\sigma}\right) \quad (2.37)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสมการที่ (2.37) แสดงความน่าจะเป็นของระดับสัญญาณที่จะไม่ตกลงมากกว่าระดับของ $Z dB$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การวิเคราะห์และแบบจำลองสำหรับระบบ

โคเดกซ์เควันซ์สเปคสล็อตเตอโลฮา

3.1 บทนำ

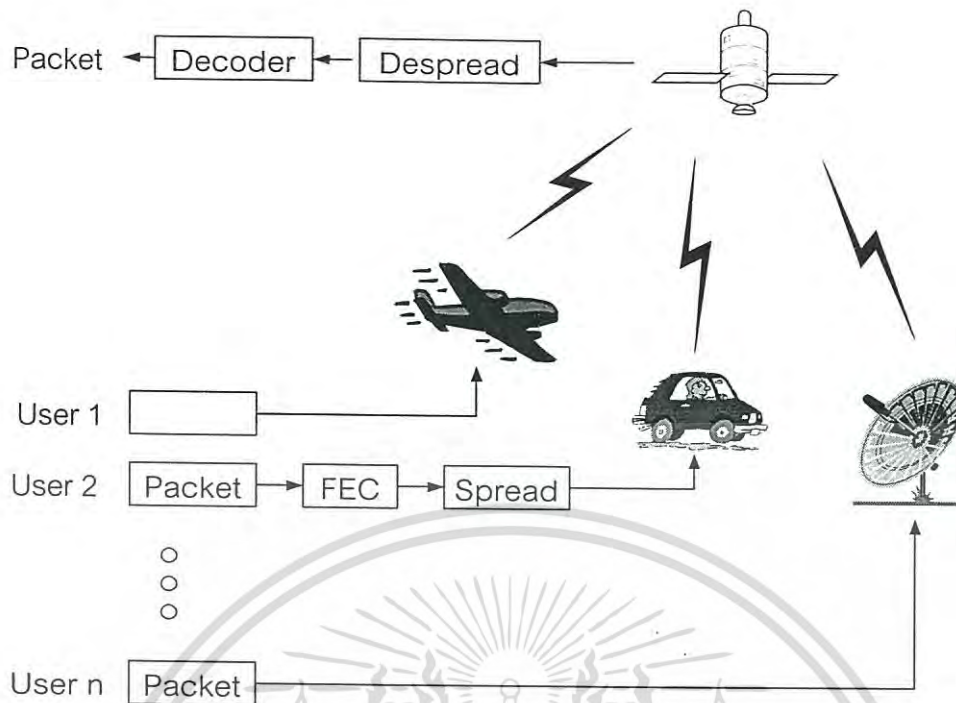
สำหรับการสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมที่นำมาใช้กับเครือข่ายการสื่อสารส่วนบุคคล มีรูปแบบการให้บริการหลายรูปแบบ ตามแต่ละชนิดของความต้องการในการให้บริการการสื่อสาร ซึ่งการใช้งานของการมอดูเลตแบบสเปคตัมแผ่ในเครือข่ายของการสื่อสารผ่านดาวเทียม ซึ่งได้นำวิธีการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแยกความแตกต่างทางรหัส ที่มีความต้านทานต่อช่องสัญญาณเฟดดิ้ง, อัตราค่าเฉลี่ยกำลังต่ำ, ความเป็นอิสระของข่าวสาร และความปลอดภัยของข่าวสารที่น่าสนใจด้วย ซึ่งระบบ SS-CDMA สามารถให้ประสิทธิภาพได้ดีกว่าระบบ FDMA ในการสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม

สำหรับการแพร่กระจายของสัญญาณในการสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม ที่สำคัญมีอยู่ 2 รูปแบบ คือการสูญเสียเนื่องจากถูกบัง (shadowing) และวิถีต่างๆ สัญญาณเฟดดิ้ง ซึ่งการแพร่กระจายของสัญญาณแบบการสูญเสียเนื่องจากถูกบัง (shadowing) มีส่วนประกอบของ LOS ที่อยู่ภายใต้การบดบังของสิ่งกีดขวาง เช่น ต้นไม้ ใบไม้ โดยมีรูปแบบการแจกแจงปรกติสล็อก (log-normal) ส่วนวิถีต่างๆ ของสัญญาณเฟดดิ้งเกิดมาจากการแผ่สัญญาณ การสะท้อนของสัญญาณ และการแพร่กระจายของสัญญาณ ซึ่งสาเหตุที่สัญญาณเกิดการกระจายมีผลมาจากสถานะแวดล้อมของระบบสื่อสารอันเนื่องมาจากสิ่งปลูกสร้าง ที่พักอาศัย ตึกสูงๆ เป็นต้น มีผลให้ระดับของสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยมีการกระจายของสัญญาณเป็นแบบเรย์ลี

3.2 การจำลองระบบ (System model)

ปัจจุบันได้มีการนำเสนอการสื่อสารผ่านดาวเทียมในการสื่อสารระบบการสื่อสารส่วนบุคคลเป็นจำนวนมากในการเชื่อมต่อโครงข่าย สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการศึกษาความสามารถของ SSA หรือ DS-SSA โดยวิธีการมอดูเลตเชิงเลขทางเฟสฐานสองแบบร่วมนัย (binary phase shift keying : BPSK) รวมทั้ง Forward Error Correction coding(FEC) ด้วย คังโคอะแกรม ดังรูปที่

3.1



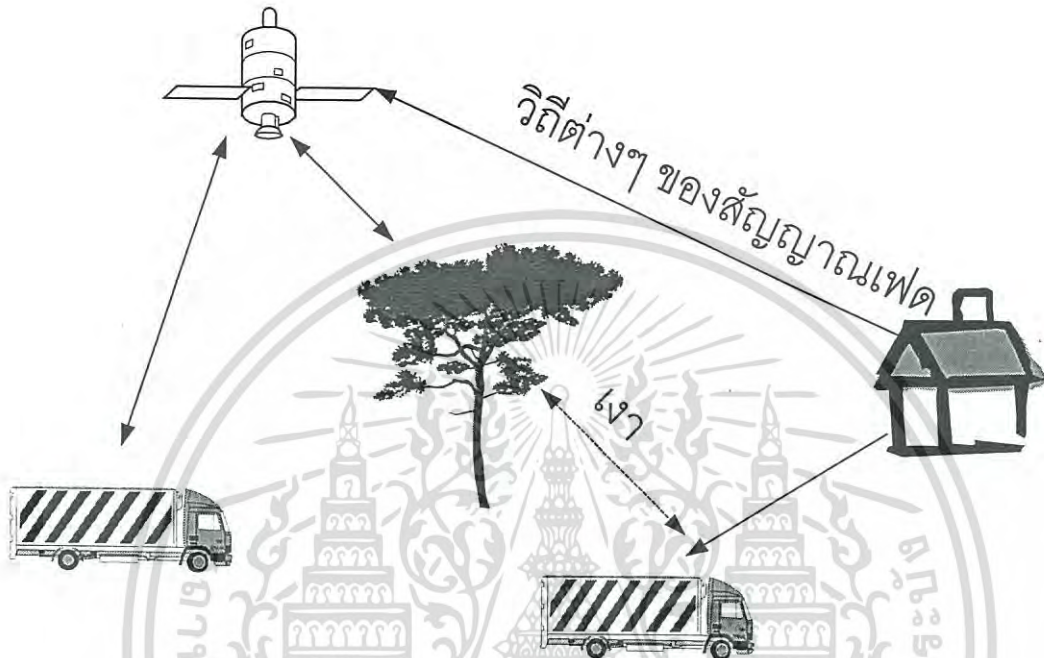
รูปที่ 3.1 แสดงไดอะแกรมของระบบ SSA

SSA ขอมให้ผู้ให้บริการเข้าใช้ช่องสัญญาณดาวเทียมโดยการใช่วิธีการร่วมกัน 2 หลักการ คือ แสปรดแสปรคตรัม และ สล็อตตอโลฮา ในการศึกษาี้ เราได้สมมุติให้ แต่ละผู้ให้บริการถูกกำหนดให้มีรหัส PN เฉพาะของผู้ให้บริการนั้นๆ และข่าวสารข้อมูลทั้งหมดจะถูกทำการเข้ารหัส ซึ่งข่าวสารเหล่านั้นจะถูกทำให้เป็นแพ็คเก็ต (packet) ที่มีคาบเวลา และสอดคล้องกับสล็อตของช่องสัญญาณที่มีการเข้าถึงหลายๆ แพ็คเก็ต ตามระบบสล็อตตอโลฮา เมื่อผู้ให้บริการมี K ที่ต้องการทำการส่งแพ็คเก็ตจะสามารถส่งข้อมูลที่ใส่ทำการเข้ารหัสแล้วได้ทันที ซึ่งจะเริ่มต้นทำการส่งที่ขอบเขตของช่วงเวลาสล็อตของช่องสัญญาณดาวเทียม การใช้เทคนิคแสปรคแสปรคตรัมในหลักการของการเข้าถึงแบบหลายทางของสล็อตตอโลฮา (slotted-ALOHA multiple access) นั้น กรณีที่แพ็คเก็ตจะสามารถทำการส่งพร้อมๆ กันได้โดยบังเอิญในสล็อตเดียวกัน ไม่ได้หมายความว่าแพ็คเก็ตนั้นจะสูญเสียไป ถ้าระดับของ S/I อยู่ภายใต้ค่าจุดเริ่มเปลี่ยน (threshold) ที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้นตัวแปรที่สำคัญในการกำหนดความสามารถของช่องสัญญาณอีกตัวแปรหนึ่งก็คือ จำนวนการแทรกสอด (interference) ที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากผู้ให้บริการในรายอื่นๆ ที่มีรหัสของสัญญาณแตกต่างกันออกไป คือการแทรกสอดเนื่องจากผู้ให้บริการอื่นๆ (multi-user interference) นั่นเอง ซึ่งโดยทั่วไป รหัสของ CDMA จะต้องทำการสุ่มรหัส PN อย่างเพียงพอที่จะขอมให้มีการกำหนดขึ้น ถ้าจำนวนของการแทรกสอดที่เกิดจากผู้ให้บริการรายอื่นๆ ที่อยู่ในสล็อตเดียวกันมีค่าไม่เกินกว่าที่ได้กำหนดไว้ก็จะสมมุติให้แพ็คเก็ตเหล่านั้นไม่เกิดความผิดพลาดของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 แบบจำลองช่องสัญญาณ (Channel model)

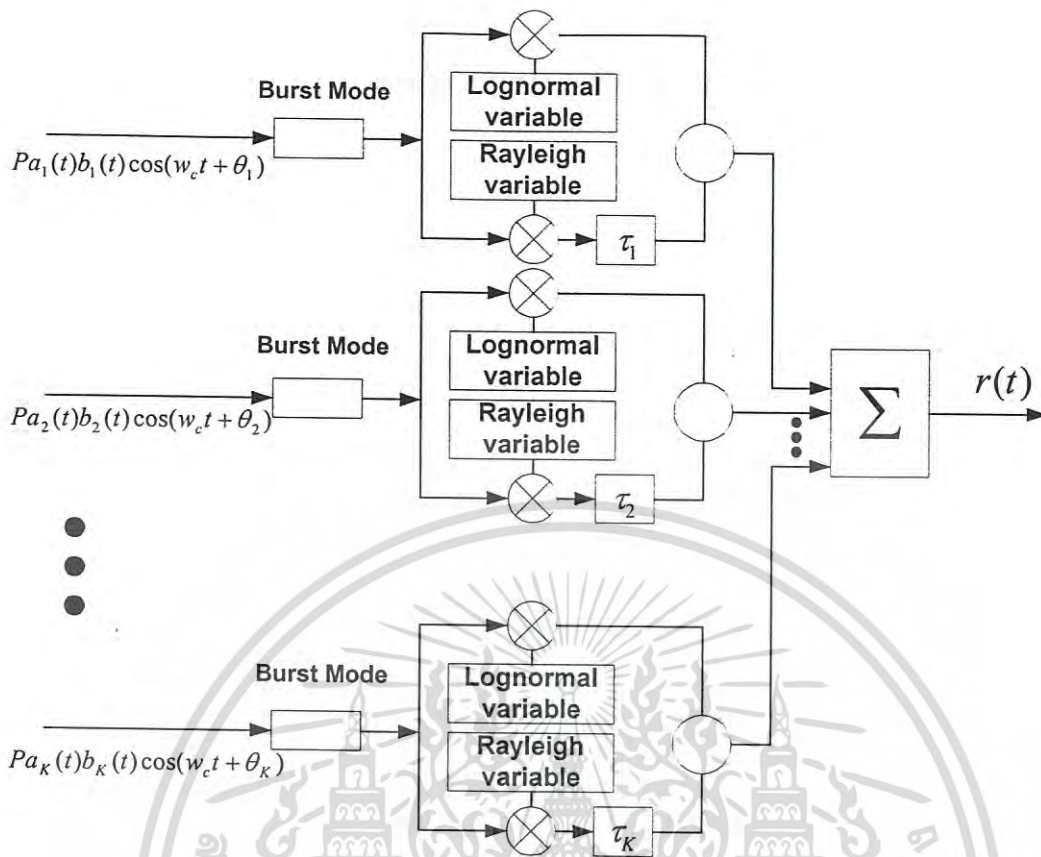
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษารูปแบบของช่องสัญญาณ เพื่อที่ทำการศึกษากลไกของการแพร่กระจายสัญญาณ ในสภาวะแวดล้อมต่างๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งมีประโยชน์ในการพัฒนาระบบการสื่อสาร โดยทำการศึกษารายละเอียดของสัญญาณว่ามีการแพร่กระจายอย่างไร ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แบบจำลองของช่องสัญญาณดาวเทียม

จากรูปที่ 3.2 แสดงการแพร่กระจายของช่องสัญญาณในช่องสัญญาณดาวเทียม ซึ่งพบว่ามี การแพร่กระจายที่สำคัญ 2 อย่าง คือ การสูญเสียเนื่องจากถูกบัง และวิถีต่างๆ ของสัญญาณเฟด-ดิ่ง ซึ่ง การแพร่กระจายของสัญญาณแบบการสูญเสียเนื่องจากถูกบัง เกิดมาจากส่วนประกอบของ LOS ที่ อยู่ภายใต้การบดบังของสิ่งกีดขวาง เช่น ต้นไม้ ใบไม้ โดยมีรูปแบบการกระจายเป็นแบบ ปกติล็อก (log-normal) และวิถีต่างๆ ของสัญญาณเฟด-ดิ่ง เกิดจากการแพร่กระจายของสัญญาณ และการ สะท้อนของสัญญาณ เนื่องมาจากสภาวะแวดล้อมของลักษณะภูมิศาสตร์ของระบบการสื่อสาร ซึ่ง มีการกระจายของสัญญาณเป็นแบบเรย์ลี

ผลของการแพร่กระจายสัญญาณภายใต้สภาวะแวดล้อมต่างๆ เหล่านี้ ทำให้เกิดความเสียหายแก่ สัญญาณที่ผู้ใช้บริการที่ได้ทำการส่ง ซึ่งทำการพิจารณาลักษณะของช่องสัญญาณ SSA ที่เกิดความ เสียหายขึ้น เนื่องจากสภาวะแวดล้อมต่างๆ ซึ่งได้จำลองลักษณะของช่องสัญญาณที่เกิดการแพร่ กระจายตามสภาวะแวดล้อมที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ลักษณะของช่องสัญญาณ SSA

ในระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านความเหิมสัญญาณ Line of Sight (LOS) กลายเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ซึ่งสถานะแวดล้อมของการแพร่กระจายสัญญาณมีสิ่งกีดขวางน้อยกว่าในการเชื่อมต่อของระบบที่อยู่บนพื้นโลก โดยทั่วไปแล้วช่องสัญญาณจึงมีความต้องการขอบเขต (margin) สำหรับการชดเชยการสูญเสียเนื่องจากอุกบัง (shadowing) สูงๆ, การแพร่กระจายเส้นทางการสูญเสีย และ การแทรกสอดเนื่องมาจากผู้ใช้บริการรายอื่นๆ ซึ่งได้สมมุติให้สถานะของช่องสัญญาณดำเนินการในช่องสัญญาณที่ไม่มีการเลือกความถี่ และลักษณะของวิถีของสัญญาณจะไม่เปลี่ยนคุณสมบัติของการสทัมพันซ์ของเสปรดลำดับสัญญาณ

3.4 ประสิทธิภาพของระบบ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเอาเทคนิคของเชอร์นอฟบาวด์ (chernof bound) [4] เพื่อทำการวิเคราะห์ขอบเขตบน (upper bound) ของความน่าจะเป็นในการส่งข้อมูลว่าจะเกิดความผิดพลาดที่จะเกิด ซึ่งความน่าจะเป็นของการเกิดความผิดพลาด พิจารณาได้ดังสมการ

$$P_E \left\langle \exp \left[\frac{-N\beta_w P_c}{I_0} \right] \right\rangle \quad (3.1)$$

- โดยที่ N เป็นจำนวนรหัส
 β_w เป็นแอมพลิจูดของเฟด
 P_c เป็นแอมพลิจูดของสัญญาณข้อมูลที่ต้องการ
 I_0 เป็นสัญญาณรบกวนในระบบ

แอมพลิจูดของสัญญาณที่ได้ทำการส่งออกไปของผู้ให้บริการทั้งหมด กำหนดให้มีค่าแอมพลิจูดคงที่ และมีลักษณะของแอมพลิจูดเหมือนกันทุกประการ

ได้ทำการวิเคราะห์ระบบอย่างง่าย โดยสมมติให้ไม่สนใจผลของการผิดพลาดที่เกิดขึ้นของสัญญาณและเฟดเมื่อทำการเสปรคสัญญาณ โดยกำหนดให้แต่ละผู้ใช้บริการดำเนินการในช่องสัญญาณที่เป็นแบบระบบเบริสต์ ในสล็อตของช่องสัญญาณดาวเทียม จากรูปที่ 3.3 กำหนดให้มีจำนวนผู้ใช้บริการเท่ากับ K กำหนดให้ข้อมูลกับรหัสที่พิจารณาเป็นแบบเลขฐานสอง

สัญญาณข้อมูลของผู้ใช้บริการลำดับที่ k เป็น $b_k(t)$ ซึ่งเป็นลำดับของหน่วยของแอมพลิจูดมีทั้งค่า + และค่า - ซึ่งมีคาบเวลาอยู่ในช่วง T_b สัญญาณข้อมูล ดังสมการที่ (3.3) และผู้ใช้บริการลำดับที่ k กำหนดให้มีรูปแบบของรหัสเป็น $a_k(t)$ ซึ่งประกอบด้วยลำดับของหน่วยของแอมพลิจูดมีทั้งค่า + และค่า - ซึ่งมีคาบเวลาอยู่ในช่วง T_c ดังรูปที่ 4 ถ้า $a_k(t)$ ที่ประกอบด้วย $\{+1, -1\}$ ดังนั้นสามารถเขียน $a_k(t)$ ได้เป็นดังสมการที่ (3.2) [5]



รูปที่ 3.4 คาบเวลาของลำดับสัญญาณ

$$a_k(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} a_j^{(k)} p_{T_c}(t - jT_c) \quad (3.2)$$

$$b_k(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} b_j^{(k)} p_{T_c}(t - jT_c) \quad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$p_\tau(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t \leq \tau \\ 0 & \text{อื่นๆ} \end{cases} \quad (3.4)$$

สำหรับให้ลำดับของรหัสของผู้ใช้บริการลำดับที่ k เป็น $a_j^{(k)}$ ที่มีคาบเวลาเป็น $N = \frac{T_b}{T_c}$

ดังนั้นรหัสหนึ่งๆ จะมีคาบเวลาเป็น $a_0^k, a_1^k, a_2^k, \dots, a_{N-1}^k$ ต่อระบบข้อมูล

สัญญาณข้อมูล $b_k(t)$ ถูกมอดูเลตกับคลื่นพาห้ $c_k(t)$ ซึ่ง

$$\begin{aligned} c_k(t) &= P \sin[w_c t + \theta_k + \frac{\pi}{2} a_k(t)] \\ &= P a_k(t) \cos(w_c t + \theta_k) \end{aligned} \quad (3.5)$$

จะได้สัญญาณที่ถูกส่งออกไปสำหรับผู้บริการลำดับที่ k เป็น

$$\begin{aligned} s_k(t) &= P \sin[w_c t + \theta_k + \frac{\pi}{2} a_k(t) b_k(t)] \\ &= P a_k(t) b_k(t) \cos(w_c t + \theta_k) \end{aligned} \quad (3.6)$$

โดยที่ θ_k เป็นเฟสของสัญญาณพาห้ของผู้บริการลำดับที่ k

w_c เป็นความถี่ของสัญญาณ

P เป็นแอมพลิจูดของสัญญาณ

$a_k(t)$ เป็นลำดับของรหัส $\in \{+1, -1\}$

$b_k(t)$ เป็นลำดับของข้อมูล $\in \{+1, -1\}$

สัญญาณที่รับได้จากผู้บริการหลายๆ ราย จากการมอดูเลตเชิงเลขทางเฟสฐานสองแบบร่วม นั้น ซึ่งจะมีเฟดที่เกิดขึ้นหลายวิธี เนื่องจากช่องสัญญาณเป็นฟังก์ชันของอัตราการลดทอนของแอมพลิจูดการหน่วงเวลาและเฟส ดังนั้นสัญญาณที่ได้รับจะต้องมีการหน่วงเวลาเกิดขึ้นจาก $a_k(t)$ เป็น $a_k(t - \tau)$ ดังนั้นสัญญาณที่สามารถรับได้จากผู้บริการหลายๆ ราย สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (3.7) [5]

$$r(t) = \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M P_{mk} a_k(t - \tau_{mk}) b_k(t - \tau_{mk}) \cos[(w_c + w_{mk})t + \phi_{mk}] + n_c \quad (3.7)$$

โดยที่ $r(t)$ เป็น สัญญาณที่รับได้

P เป็น กำลังของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

m	เป็น จำนวนวิถี
k	เป็น จำนวนวนผู้ใช้บริการ
$w_c + w_{mk}$	เป็น ความถี่คลื่นพาห์บวกความถี่ของดอปเปลอร์
τ	เป็น เวลาหน่วง
ϕ_{ik}	เป็น เฟสคลื่นพาห์
n_c	เป็น สัญญาณรบกวนเกาส์เซียนบวกด้วยสัญญาณแทรกสอดที่เกิดจากผู้ให้บริการรายอื่นในระบบซึ่งมีค่าเฉลี่ยของสัญญาณเป็น 0 และ ค่าความแปรปรวนเป็น $N_0/2$

จากสัญญาณ $r(t)$ ที่ได้รับ กำหนดให้เป็นสัญญาณอินพุทของเครื่องรับที่ทำการสหสัมพันธ์ของสัญญาณ สัญญาณเอาต์พุทที่ได้จากการสหสัมพันธ์เป็นดังนี้

$$Z_{out} = \int_0^T r(t) a_i(t) \cos \omega_c t dt \quad (3.8)$$

ทางด้านรับของสัญญาณพิจารณาสัญญาณที่ได้รับ สัญญาณของขาออกของการสหสัมพันธ์สามารถเขียนได้เป็น

$$Z_{out} = P_{11} b_{11} T_b + \sum_{m=2}^M \sum_{k=2}^K P_{mk} [b_k^{-1} R_{1k}(\tau_{mk}) + b_k^0 \hat{R}_{1k}(\tau_{1k})] \cos \phi_{mk} + \int_0^{T_b} n_G(t) \cos \omega_c t dt \quad (3.9)$$

โดยที่ b_k^{-1} เป็นบิตข้อมูลก่อน

b_k^0 เป็นบิตข้อมูลปัจจุบัน

ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้ง +1 และ -1 ซึ่งมีความน่าจะเป็นที่จะเป็น +1 หรือ -1 เท่าๆ กัน

T_b เป็นคาบเวลาข้อมูล

ϕ_k เป็นเฟสของสัญญาณที่ได้รับ

จากสมการที่ (3.7) เทอมที่ 1 ของสมการเป็นสัญญาณข้อมูลที่ต้องการ เทอมที่ 2 แทนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นของการเกิด LOS และเหตุการณ์ที่เกิดส่วนประกอบของวิถีทางเฟดที่เกิดขึ้น เทอมที่ 3 เป็นสัญญาณที่เกิดขึ้นเนื่องจากการแทรกสอดของผู้ให้บริการรายอื่นๆ และสัญญาณเกาส์

R_{1k} และ \hat{R}_{1k} เป็นฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ซึ่งนิยามได้เป็น [5]

$$R_{mk}(\tau) = \int_0^T a_k(t - \tau) a_1(t) dt \quad (3.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\hat{R}_{mk}(\tau) = \int_{\tau}^{T_b} a_k(t-\tau)a_1(t)dt \quad (3.11)$$

โดยที่ $0 \leq \tau \leq T_b$ ซึ่งจะพบว่า $0 \leq lT_c \leq \tau \leq (l+1)T_c \leq T_b$ ทั้ง 2 ฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์สามารถเขียนได้เป็น

$$R_{k,i}(\tau) = C_{k,i}(l-n)T_c + [C_{k,i}(l+1-n) - C_{k,i}(l-n)] \cdot (\tau - lT_c) \quad (3.12)$$

$$\hat{R}_{k,i}(\tau) = C_{k,i}(l)T_c + [C_{k,i}(l+1) - C_{k,i}(l)] \cdot (\tau - lT_c) \quad (3.13)$$

ซึ่งฟังก์ชันของ $C_{k,i}$ สำหรับลำดับของ $(a_j^{(k)})$ และ $(a_j^{(i)})$ นิยามได้เป็น

$$C_{k,i}(l) = \begin{cases} \sum_{j=0}^{N-1-l} a_j^{(k)} a_{j+l}^{(i)}, & 0 \leq l \leq N-1 \\ \sum_{j=0}^{N-1-l} a_{j-l}^{(k)} - a_j^{(i)}, & 1-N \leq l < 0 \\ 0, & |l| \geq N \end{cases} \quad (3.14)$$

จากสมการที่ (3.9) หาค่าความแปรปรวนสัญญาณที่ได้จากเอาต์พุตของการสหสัมพันธ์จากสมการที่ (3.15)

$$\sigma^2[Z] = E[Z^2] - E^2[Z] \quad (3.15)$$

จะได้ ค่าความแปรปรวนของสัญญาณเอาต์พุตของการสหสัมพันธ์ดังสมการที่ (3.16)

$$\begin{aligned} \sigma_{out}^2 = & \left\{ \sum_{k=2}^K E[(P_{1k}(b_k^{-1} \cdot R_{1,k}(\tau_0) + b_k^0 \cdot \hat{R}_{1,k}(\tau_0)) \cos \phi_{1k})^2] \right. \\ & + \sum_{k=2}^K \sum_{m=2}^M E[(P_{mk}(b_k^{-1} \cdot R_{1,k}(\tau_{mk}) \\ & \left. + b_k^0 \cdot \hat{R}_{1,k}(\tau_{mk})) \cos \phi_{mk})^2] \right\} + \frac{N_0 T_b}{4} \end{aligned} \quad (3.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติให้บิตข้อมูลเป็นและเป็นไปตามฟังก์ชันของสหสัมพันธ์ข้าม [5],[6] ดังนั้นค่าความแปรปรวนของสัญญาณรบกวน ของเอาท์พุทสหสัมพันธ์ ในสมการที่ (3.16) จะเขียนใหม่ได้เป็น

$$\begin{aligned} \sigma_{out}^2 = & \frac{1}{2T_b} \left\{ \sum_{k=2}^K (E[P_{1k}^2] \cdot \sum_{l=0}^{N-1} \int_{T_c}^{(l+1)T_c} (R_{1,k}^2(\tau_0) + \hat{R}_{1,k}^2(\tau_0))) \right. \\ & + \sum_{k=2}^K \sum_{m=2}^M (E[P_{mk}^2] \cdot \sum_{l=0}^{N-1} \int_{T_c}^{(l+1)T_c} R_{1,k}^2(\tau_{mk}) \\ & \left. + \hat{R}_{1,k}^2(\tau_{mk}) d\tau) \right\} + \frac{N_0 T_b}{4} \end{aligned} \quad (3.17)$$

โดยที่ M เป็นส่วนประกอบของวิธีต่างๆ และ $0 \leq lT_c \leq T_b$

ทำการแทนค่าต่างๆ ที่กำหนด จะได้สมการที่ (3.17) เป็น

$$\sigma^2 = \frac{1}{2T_b} \left\{ E[P^2]_{\log} \cdot \frac{T_c^3}{2} \sum_{k=2}^K r_{km} + E[P^2]_{ray} \cdot \frac{T_c^3}{3} \sum_{k=2}^K r_{km} \right\} + \frac{N_0 T_b}{4} \quad (3.18)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} r_{k,i} = & \sum_{l=0}^{N-1} \{ C_{k,i}^2(l-N) + C_{k,i}(l-N)C_{k,i}(l-N+1) \\ & + C_{k,i}^2(l-N+1) + C_{k,i}^2(l) + C_{k,i}(l)C_{k,i}(l+1) + C_{k,i}^2(l+1) \} \end{aligned} \quad (3.19)$$

ซึ่งเราสามารถหาค่า $\sum_{k=2}^K r_{km}$ ได้จากสมการ

$$(6N^3)^{-1} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^K r_{k,i} \approx \frac{(K-1)}{3N} \quad (3.20)$$

ดังนั้นจะได้ค่าความแปรปรวนของสัญญาณรบกวนเป็น

$$\sigma^2 = \frac{1}{2T_b} \left\{ E[P^2]_{\log} \cdot \frac{T_c^3}{2} (k-1)2N^2 + E[P^2]_{ray} \cdot \frac{T_c^3}{3} (k-1)2N^2 \right\} + \frac{N_0 T_b}{4} \quad (3.21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่าความแปรปรวนของสัญญาณรบกวนเรากำหนดค่า r.m.s. ของสัญญาณรบกวน ได้จาก

$$I_0 = \sqrt{\sigma^2}$$

$$I_0 = \left\{ (k-1)T_b^2 \left[\frac{3\mu_L^2 \exp(\sigma_L^2) + 4\sigma_R^2}{6N} \right] + \frac{N_0 T_b}{4} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (3.22)$$

โดยที่ค่า $E[P]_{\log-normal}$ มีค่าเป็น $\mu_L^2 \exp(\sigma_L^2)$

และค่า $E[P]_{Rayleigh}$ มีค่าเป็น $2\sigma_r^2$

3.5 ความน่าจะเป็นของสถานะ(state probability)

การบรรเทาผลกระทบของซีดทอมนเฟดดิ้ง (short-term fading) ที่อยู่บนลงทอมนเฟดดิ้ง (long-term fading) จะสามารถกำหนดค่าขอบเขต (margin) สำหรับผู้ใช้บริการเมื่อทำการส่งผ่านสัญญาณข้อมูลในพื้นที่ที่มีเฟดดิ้ง

พิจารณาสัญญาณ X dBm ที่มีการออสซิเลตด้วยสัญญาณ W dB รอบๆ พื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยเฟดดิ้งเป็น M dBm ซึ่งผู้ใช้บริการได้ถูกกำหนดให้มีขอบเขต (margin) เป็น M dB เมื่อเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในพื้นที่ที่มีเฟดดิ้ง ดังนั้นเราจะได้ $X = M + W$

ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของ W dB เป็นค่าที่ได้มาจากการรวมกันของซีดทอมนเฟดดิ้ง (short-term fading) ซึ่งมีตัวแปรเป็นเรย์ลี (Rayleigh) และลงทอมนเฟดดิ้ง (long-term fading) ที่มีตัวแปรเป็นแบบปรกติล็อก (Log-normal) รอบๆ พื้นที่ที่มีเฟดดิ้งคือ

$$W = y + \beta_w \quad (3.23)$$

โดยใช้จากแนวความคิดต่างๆ ไปตามที่ได้กล่าวในบทที่ 2 ค่าฟังก์ชันของการกระจายสะสมสำหรับตัวแปรสุ่ม $z = x + y$ เขียนใหม่ได้ดังสมการ (2.22) คือ

$$P(z) = P(x) * q(y) = \int_{-\infty}^{\infty} P(z-y)q(y)dy$$

เนื่องจาก y เป็นค่าเฉลี่ยของซีดทอมนเฟดดิ้ง (short-term fading) และ β_w ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยสัญญาณของลงทอมนเฟดดิ้ง (long-term fading) จากสมการที่ (2.34) สามารถแทนค่าเฉลี่ยของทั้งเอทึร์นเป็นเอทึร์นที่ลงทอมนเฟดดิ้ง (long-term fading) ได้ดังนี้ เมื่อผู้ใช้งานเห็นด้วยกับการคำนวณการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สองตัวแปรได้ ดังนั้นความน่าจะเป็นของเอนเวโลปของสัญญาณที่จะไม่ข้ามหรือลดลงจากเอนเวโลปของ W dB ที่กำหนดให้เป็นขอบเขตของลองเทอม (long-term) จะได้ [7],[8]

$$P(W) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-0.7 \times 10^{0.1\beta_w}) \exp\left(-\frac{W^2}{2\sigma^2}\right) dW \quad (3.24)$$

$$P(W) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(\frac{-W^2}{2\sigma^2}\right) \exp(10^{0.1\beta_w}) dW}{\sigma_L \sqrt{2\pi}} \quad (3.25)$$

โดยที่ β_w เป็นแอมพลิจูดของเฟด

3.6 ช่องสัญญาณของระบบ

แอมพลิจูดของสัญญาณที่ได้รับจากระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม มีลักษณะเปลี่ยนแปลงระดับของสัญญาณอย่างรวดเร็ว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณนั้นจะถูกแปลงให้มีการเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูดเป็นไปตามคาบเวลา ด้วยวิธีการของมอดูเลตสัญญาณ ซึ่งประสิทธิภาพของสัญญาณที่ได้รับจะแย่ลงอย่างรวดเร็วเมื่อสัญญาณเกิดการจางหาย โดยที่สัญญาณที่ได้รับมีค่าต่ำกว่าค่าจุดเปลี่ยน (threshold) หรือค่าขอบเขต (margin: w) ของระบบที่ได้กำหนดไว้ [9]

3.6.1 ขอบเขตของเฟด (Fade margin)

โดยทั่วไป ขอบเขตของเฟด (fade margin: w) เป็นค่าจุดเปลี่ยน (threshold) ซึ่งกำหนดขึ้นเมื่อสัญญาณถูกมีการจางหาย หรือไม่มีการจางหาย แต่อาจถูกนิยามเป็นค่ากำลังที่ต้องการ เพื่อหาอัตราการผลิตของบิต (BER) ของระบบที่เกิดเฟดดิ่งขึ้นในระบบ

3.6.2 อัตราการข้ามระดับ (The Level Crossing Rate:LCR)

การวิเคราะห์นี้สมมุติได้ว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของผลรวมของเอนเวโลป ของสัญญาณในระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมเป็นกระบวนการสุ่มแบบเกาส์เซียน ซึ่งกำหนดได้ด้วย LCR และ AFD ของสัญญาณ

ให้ $N_w(w)$ ของสัญญาณ $r(t)$ ที่ได้กำหนดค่าจุดเปลี่ยน (threshold) เท่ากับ w dB ซึ่ง $N_w(w)$ เป็นจำนวนครั้งของสัญญาณต่อหน่วยเวลาของสัญญาณ $r(t)$ ที่ผ่านพื้นที่ที่มี margin ซึ่งมีค่า margin เท่ากับ w dB พิจารณาทางด้านบนของสัญญาณที่ผ่านค่าจุดเปลี่ยน (threshold) ซึ่ง $N_w(w)$ นิยามได้เป็น

$$N_w(w) = \int_0^{\infty} \dot{w} f(w, \dot{w}) d\dot{w} \quad (3.26)$$

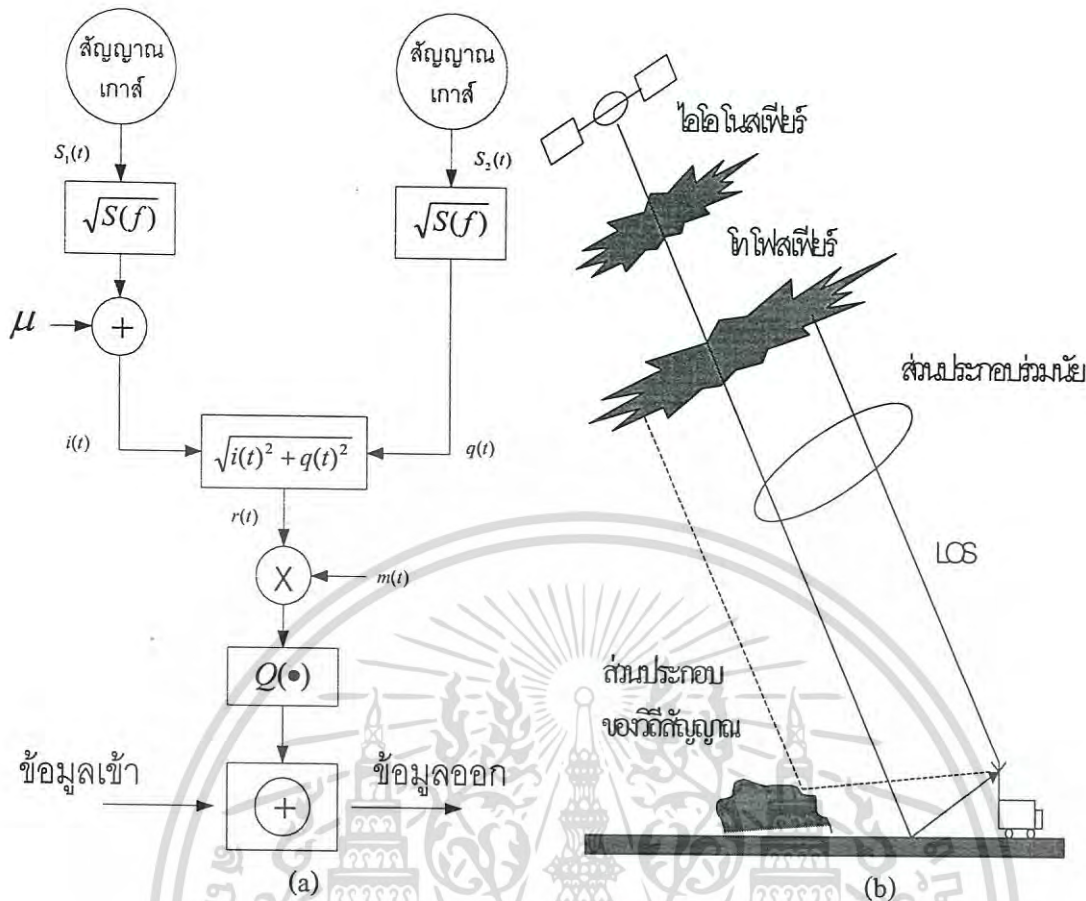
โดยที่ $\dot{w} = \frac{dw}{dt}$

$f(w, \dot{w})$ เป็นฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นร่วมของ w, \dot{w}

สมมติว่ามีช่องสัญญาณของระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงแบบปรกติล็อก (log-normal) ของวิธีของสัญญาณที่เป็นทางตรง หรือวิธีของสัญญาณที่เป็น LOS และวิธีของสัญญาณที่เป็นวิธีต่างๆ ของสัญญาณ (multipath) ซึ่งพบว่าช่องสัญญาณของระบบจะอยู่ในสถานะที่ดี (good state) ที่ไม่มีการสูญเสียเนื่องจากถูกบัง (shadowing) และเฟดดิ้ง แต่เนื่องจากการสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม นั้น ช่องสัญญาณของระบบจะต้องประสบปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสัญญาณแบบปรกติล็อก (log-normal) วิธีของสัญญาณที่เป็นทางตรง หรือวิธีของสัญญาณที่เป็นแบบ LOS และวิธีของสัญญาณที่เป็นแบบวิธีต่างๆ ของสัญญาณ (multipath) ดังนั้นระบบจะอยู่ในสถานะที่แย่ที่สุด (bad state) ดังรูปที่ 3.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 (a) แบบจำลองของช่องสัญญาณ
(b) แบบจำลองการแพร่กระจายของช่องสัญญาณดาวเทียม

ดังนั้นสัญญาณที่ได้รับจะถูกจำลองเป็นสัญญาณไซน์ที่มีการรวมกันกับสัญญาณรบกวน ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงของแอมพลิจูดของสัญญาณ w มีค่าฟังก์ชันความน่าจะเป็นร่วมดังสมการเป็น

$$f(w, \dot{w}) = f(w)f(\dot{w}) \tag{3.27}$$

ซึ่งฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของ \dot{w} เป็นแบบปกติ (normal) ถ้าพิจารณาเฉพาะส่วนประกอบของวิถีสัญญาณที่เป็นแบบปกติล็อก (log-normal) พบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของ w, \dot{w} มีการกระจายแบบปกติล็อก (log-normal) นั้นสามารถสรุปสัญญาณ LOS ได้เป็นดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$N_w(w) = f(w) \int_0^{\infty} \dot{w} f(\dot{w}) d\dot{w} \quad (3.28)$$

ซึ่ง $f(w)$ เป็นฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของเอนเวโลปที่ได้รับเนื่องจากผลกระทบที่ถูกนำมารวมกันของ multipath และ shadowing ซึ่งฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของอัตราของการเปลี่ยนแปลงของเอนเวโลป \dot{w} สำหรับทั้ง multipath และ shadowing เป็นแบบเกาส์เซียน โดยที่สมมุติซึ่งฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของอัตราของการเปลี่ยนแปลงของเอนเวโลปที่ได้รับเป็น

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_1\sigma_2\sqrt{(1-\rho)^2}} e^b \quad (3.29)$$

$$b = \left[-\frac{1}{2(1-\rho^2)} \left(\frac{x^2}{\sigma_1^2} - \frac{2\rho xy}{\sigma_1\sigma_2} + \frac{y^2}{\sigma_2^2} \right) \right] \quad (3.30)$$

โดยที่ x และ y เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของเอนเวโลปเนื่องจากวิธีต่างๆ ของสัญญาณ (multipath) และการสูญเสียเนื่องจากถูกบัง (shadowing)

σ_1^2 และ σ_2^2 เป็นค่าความแปรปรวนของเอนเวโลปเนื่องจากวิธีต่างๆ ของสัญญาณ (multipath) และการสูญเสียเนื่องจากถูกบัง (shadowing) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0

ρ เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของการสหสัมพันธ์

นิยามค่า $\dot{w} = \dot{x} + \dot{y}$ และค่า $f(\dot{w})$ ได้เป็น

$$f(\dot{w}) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\dot{w} - \dot{y}) d\dot{y} \quad (3.31)$$

จะได้อัตราของการเปลี่ยนแปลงของเอนเวโลปของสัญญาณที่ได้รับ $f(\dot{w})$ เป็น

$$f(\dot{w}) = \frac{\sqrt{1-\rho^2}}{\sqrt{2\pi}} \frac{\sqrt{\sigma_1^2 + 2\rho\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2}}{\sigma_1^2(1-\rho^2)4\rho\sigma_1\sigma_2} \quad (3.32)$$

ถ้ากำหนดให้สปรกตรัมของเฟดดิ้งเนื่องมาจากการสูญเสียเนื่องจากถูกบัง (shadowing) และวิธีต่างๆ ของสัญญาณ (multipath) เป็นสัญญาณเกาส์ และทำให้เป็นบรรทัดฐาน (normalize) ด้วยความถี่ของครอปเปอร์ f_m ดังนั้น LCR มีค่าเป็น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 N_w(w) &= f_m \sqrt{\frac{\pi}{2(1+\rho)}} f_w(w) \\
 &= \frac{v}{c} f_c \sqrt{\frac{\pi}{2(1+\rho)}} f_w(w)
 \end{aligned}
 \tag{3.33}$$

โดยที่ v เป็นความเร็ว
 f_c เป็นความถี่คลื่นพาห်
 c เป็นความเร็วแสง

3.6.3 ค่าเอเฟดี (AFD: Average Fade Duration)

ค่า AFD ของ w มีค่าเท่ากับความน่าจะเป็นของสัญญาณที่ถูกส่งมีค่าต่ำกว่า w ซึ่งหาได้จากจำนวนครั้งต่อหน่วยเวลาของสัญญาณที่ต่ำกว่า w ได้ดังสมการ

$$\begin{aligned}
 AFD &= \frac{1}{N_w(w)} \int_0^w f_w(w) dw \\
 &= \frac{P_w}{N_w(w)}
 \end{aligned}
 \tag{3.34}$$

โดยที่ P_w เป็นฟังก์ชันการกระจายสะสมของสัญญาณที่ไม่ข้ามผ่านค่าจุดเปลี่ยน (threshold) ดังสมการที่ (3.25)
 $N_w(w)$ เป็นอัตราของสัญญาณที่ไม่ข้ามผ่านค่าจุดเปลี่ยน (threshold) ดังสมการที่ (3.34)

บทที่ 4

การวิเคราะห์และการแสดงผลของการจำลองระบบ โดยวิธีทางคณิตศาสตร์

4.1 บทนำ

ในบทนี้เป็น การวิเคราะห์และศึกษาสถานะของช่องสัญญาณของระบบ การสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สำหรับการสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมนั้น ช่องสัญญาณดาวเทียมมักจะประสบกับปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่เสมอ เพื่อที่จะปรับปรุงสถานะของระบบและหาจุดทำงานที่ดีที่สุดของช่องสัญญาณของระบบ ซึ่งในบทนี้ได้ทำการวิเคราะห์และแสดงผลของการจำลองระบบ DS-SSA ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ โดยได้นำแบบจำลองที่ได้แสดงในบทที่ 3 มาทำการหาผลการวิเคราะห์

4.2 ผลการวิเคราะห์

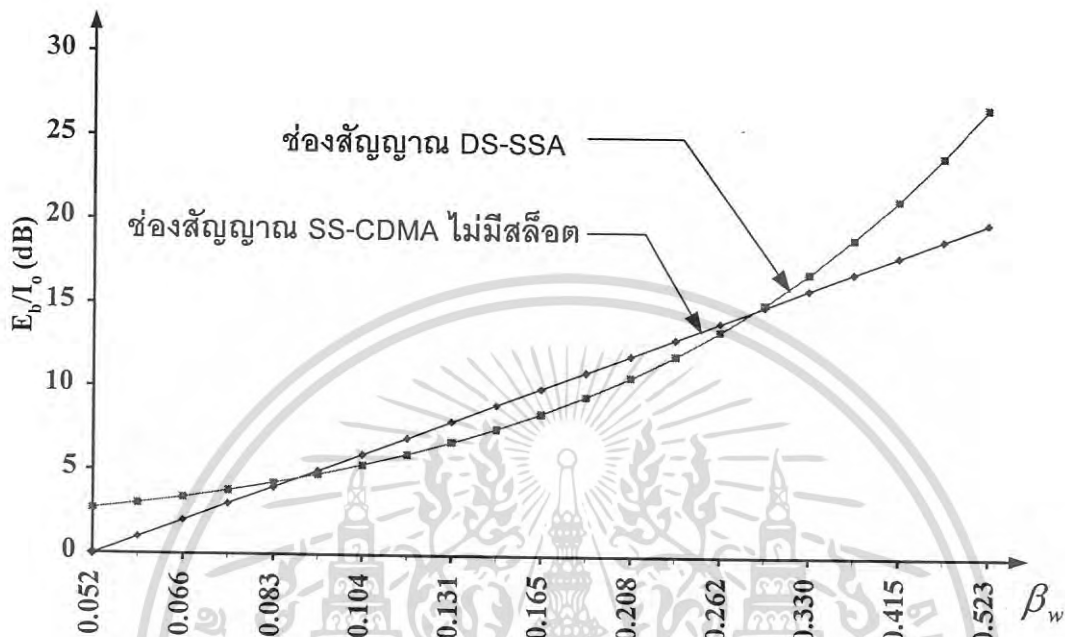
ในส่วนนี้ได้เสนอผลการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับประสิทธิภาพของช่องสัญญาณภายใต้สถานะแวดล้อมที่แตกต่างกัน ของสภาพแวดล้อมของภูมิประเทศในแต่ละพื้นที่ ซึ่งได้กำหนดให้ β_w เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ สำหรับแทนค่าขอบเขตของลองเทอม (long-term margin) ซึ่งแทนลักษณะของการสูญเสียเนื่องจากลูกบั้ง (shadowing) สำหรับการหาค่าของช่องสัญญาณในสถานะแวดล้อมต่างๆ ได้นำเอา 3 สถานะที่แตกต่างกัน 3 กรณี ซึ่ง พารามิเตอร์เหล่านี้ได้มาจากทดลองในเอกสารอ้างอิงที่ [10] ซึ่งผู้เขียนทำการศึกษาการสื่อสารระหว่างช่องสัญญาณดาวเทียม MERCEC เพื่อทำการวัด และจดบันทึกพื้นที่ที่ดาวเทียมเคลื่อนผ่านภายในยุโรป จาก 13 องศา ถึง 43 องศา ของมุมเงย เป็นการทดลองความแตกต่างระหว่างพื้นที่ที่ดาวเทียมเคลื่อนผ่าน ผลที่ได้จากวัดนี้ค่าที่ได้ประกอบด้วย แอมพลิจูดเฟดของสัญญาณที่ได้รับ ความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของกำลังของสัญญาณที่ได้รับ และการกระจายของกำลังของสัญญาณที่ได้รับ ซึ่งพารามิเตอร์ที่ได้ต่างๆ เหล่านี้ได้นำมาค่าแอมพลิจูดของเฟดมาใช้ในการทดลอง ซึ่งได้แสดงดังในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 พารามิเตอร์สำหรับช่องสัญญาณที่ใช้การทดลอง

กรณีที่ 1	μ_L (dB)	σ_L (dB)	σ_R (dB)
1	-11.5	2	3.9
2	-12.2	4.4	9.3
3	-7.7	6	11.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

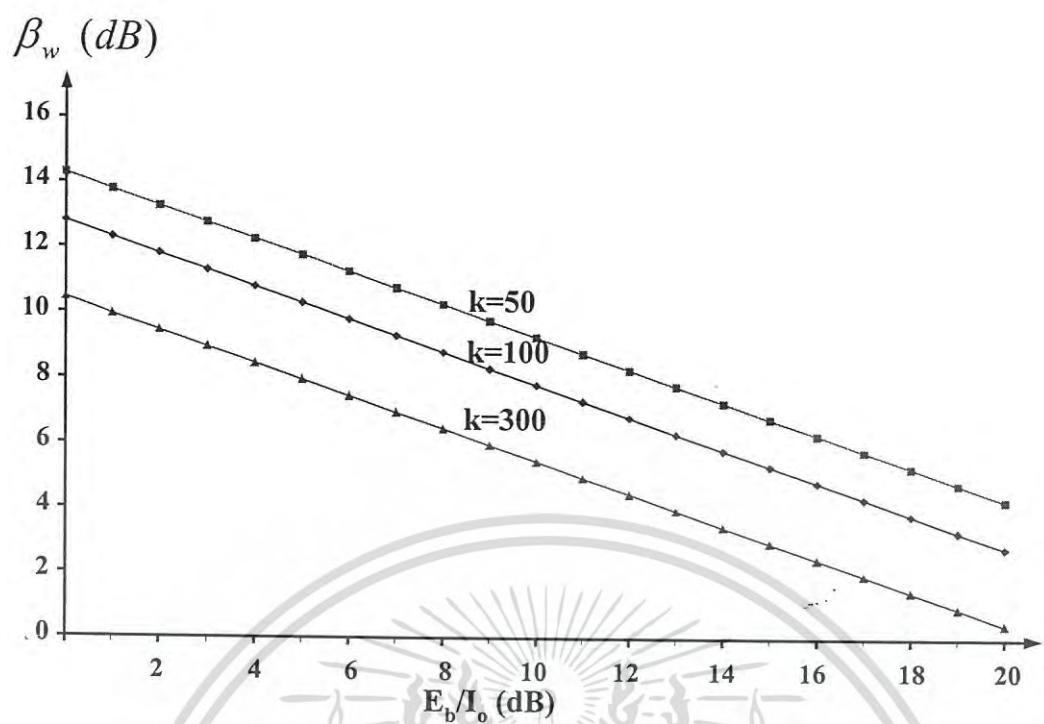
ได้นำค่าพารามิเตอร์จากตารางที่ 4.1 นำมาทำการวิเคราะห์ระบบด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้กำหนดให้ค่า β_w เป็นค่าขอบเขต (margin) ที่ขึ้นอยู่กับลักษณะของการสูญเสียเนื่องจากถูกบัง (shadowing) ที่มีลักษณะเป็นลองเทอมเฟดดิ้ง (long-term fading)



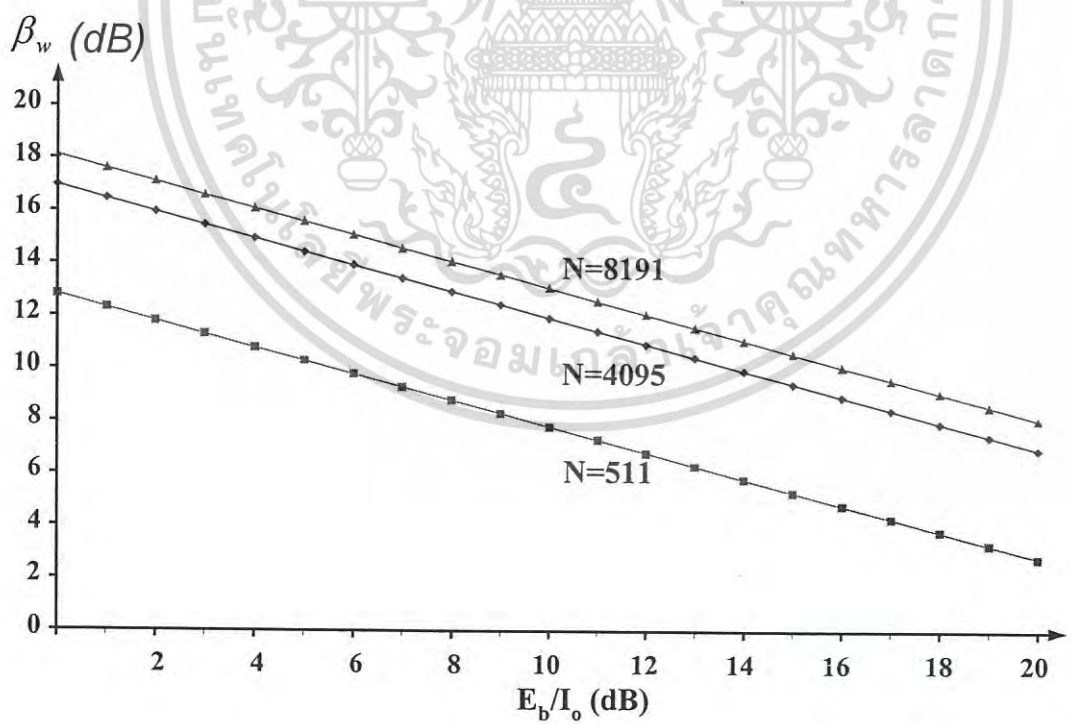
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบ SSA กับ SS-CDMA ภายใต้เงื่อนไขสถานะแวดล้อมที่ถูกต้องทำให้เสียหายเหมือนกัน

จากรูปที่ 4.1 เป็นการเปรียบเทียบช่องสัญญาณ: SS-CDMA E_b/I_0 ได้มาจากผลกระทบของเฟดดิ้ง (fading) และการสูญเสียเนื่องมาจากถูกบัง (shadowing) ที่ได้มาจาก [11],[12] ซึ่งใช้พิจารณา กับผลของช่องสัญญาณ SSA จากการแสดงผลของค่า E_b/I_0 มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของช่องสัญญาณ SSA สำหรับค่า E_b/I_0 ต่างๆ นั้น ๆ ได้มาจากช่องสัญญาณที่ประสบปัญหาการรบกวนของเฟดดิ้ง (fading) และการสูญเสียเนื่องมาจากถูกบัง (shadowing) ซึ่งกลายเป็นตัวแปรหลักสำคัญ จากผลของกราฟทำให้ทราบว่า ผลที่ได้จากการเข้าใช้ช่องสัญญาณ SSA ให้ผลที่ดีกว่าการเข้าใช้ช่องสัญญาณที่ไม่เป็นสล็อต

จากรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่า E_b/I_0 กับค่า β_w ของจำนวนผู้ใช้บริการ และจำนวนรหัสของผู้ใช้บริการ ภายใต้เงื่อนไขของสถานะแวดล้อมเดียวกัน พบว่ายิ่งจำนวนผู้ใช้บริการ หรือจำนวนรหัสมีมากขึ้นเท่าใด ยิ่งพบว่าค่า E_b/I_0 ลดลงเรื่อยๆ สาเหตุเนื่องมาจากการแทรกสอดของจำนวนผู้ใช้บริการรายอื่นๆ (multiple access interference) มีมากขึ้น ดังนั้นในการออกแบบระบบเพื่อให้ได้การทำงานที่ดีจำเป็นต้องทำการเลือกรหัสและจำนวนผู้ใช้บริการให้เหมาะสมกับระบบที่จะนำไปใช้งาน ขึ้นอยู่กับความต้องการของระบบและผู้ออกแบบระบบเอง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกพันหาประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

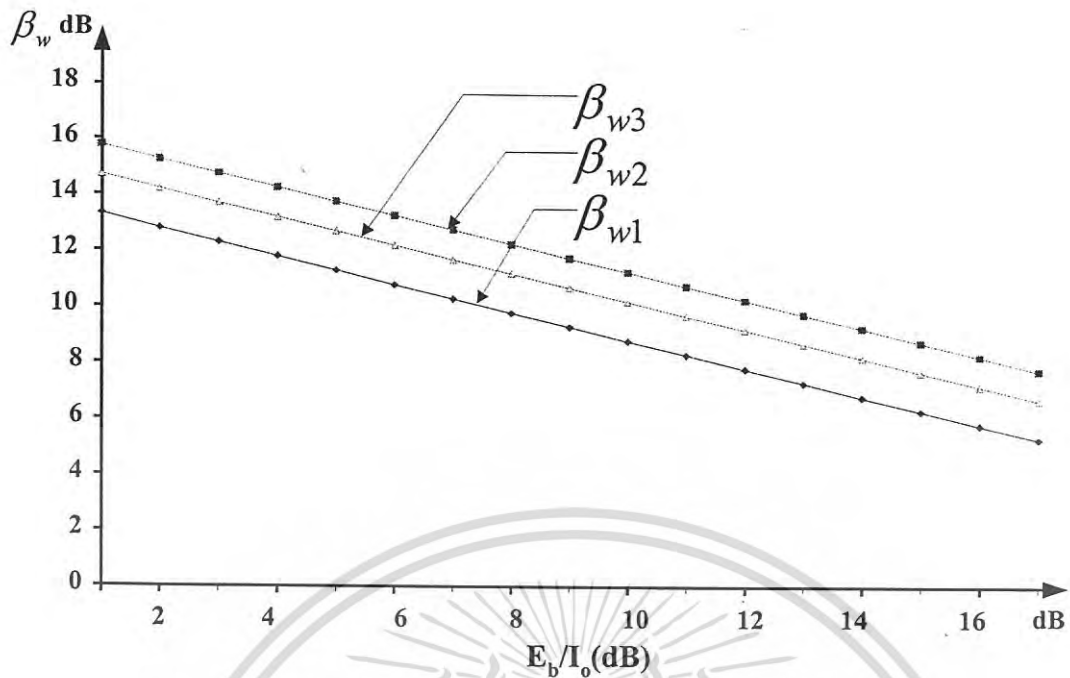


รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบค่า E_b/I_o กับค่า β_w ของจำนวนผู้ใช้บริการภายใต้เงื่อนไขและสถานะแวดล้อมเดียวกัน

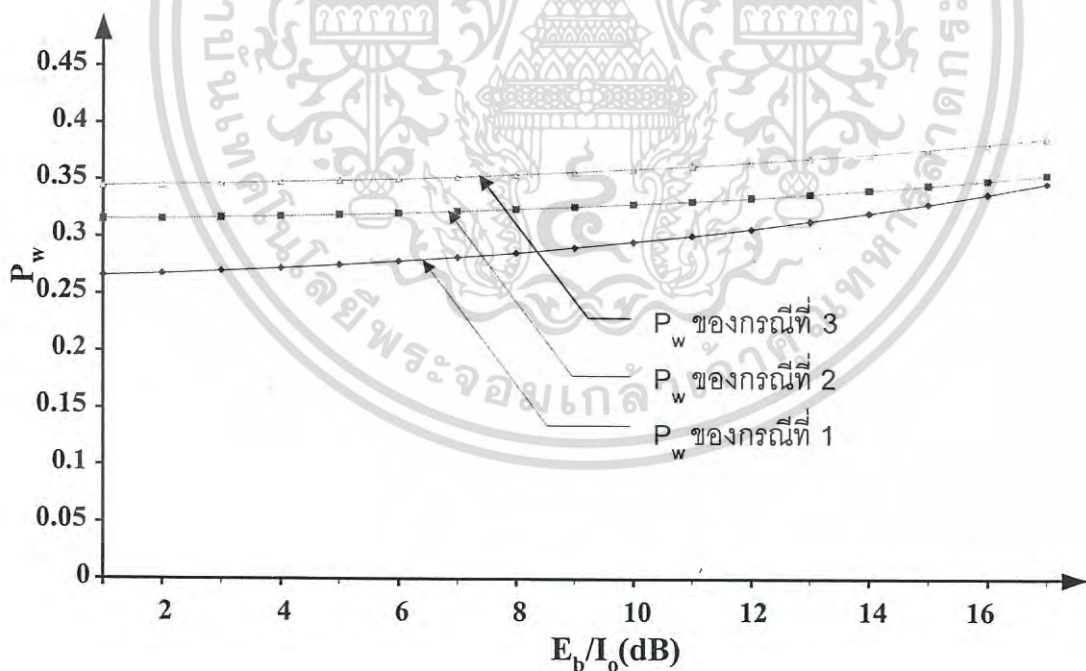


รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบค่า E_b/I_o กับค่า β_w ที่ค่า N ต่างๆ กันภายใต้เงื่อนไขสถานะแวดล้อมเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ค่า E_b/I_o กับค่า β_w ที่สภาวะแวดล้อมต่างๆ กัน ตามค่าพารามิเตอร์ในตารางที่ 4.1
กรณีที่ 1 β_{w1} , กรณีที่ 2 β_{w2} และกรณีที่ 3 β_{w3}



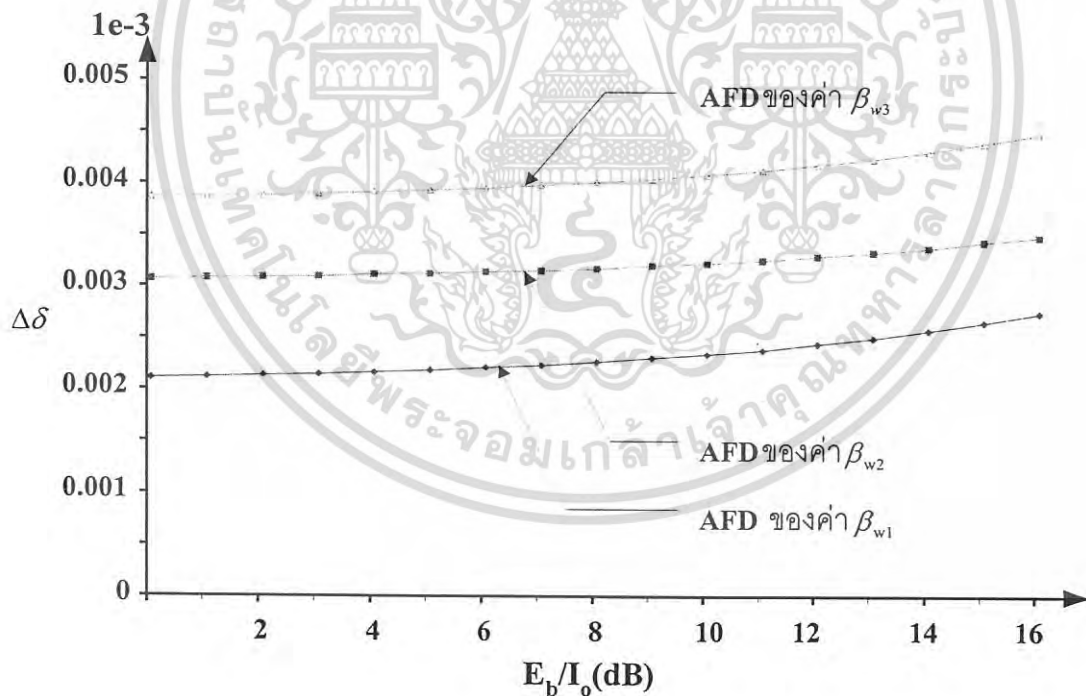
รูปที่ 4.5 ค่า E_b/I_o กับค่าจุดเปลี่ยน (threshold) ที่สภาวะแวดล้อมต่างๆ กัน ตามค่าพารามิเตอร์ใน
ตารางที่ 4.1 กรณีที่ 1 β_{w1} , กรณีที่ 2 β_{w2} และกรณีที่ 3 β_{w3}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.4 แสดงผลของค่า E_b/I_o กับค่า β_w ที่สภาวะแวดล้อมต่างๆ กัน ตามค่าพารามิเตอร์ในตารางที่ 4.1 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ในตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนและค่ากำลังเฉลี่ยของส่วนประกอบของวิถีของสัญญาณ จากกราฟแสดงให้เห็นว่าค่า σ_R^2 มีผลกระทบอย่างมากกับค่า SNR ในขณะที่ μ_L มีผลกระทบน้อยมาก ดังนั้นผลที่ได้รับทั้ง 3 กรณีสามารถใช้ค่า σ_R^2 เป็นค่าที่นำมาใช้พิจารณาสถานะของช่องสัญญาณก็ได้

เพื่อให้แน่ชัดสำหรับการวิเคราะห์ระบบนอกจากพิจารณาค่า β_w แล้วเรายังสามารถวิเคราะห์ระบบได้จากความน่าจะเป็นที่เอนVELOPE ของสัญญาณ ข้ามค่าจุดเปลี่ยน (threshold) ที่ได้กำหนดไว้ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ระบบโดยวิธีทางคณิตศาสตร์ดังรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6

จากกราฟรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าจุดเปลี่ยน (threshold) และ ค่า AFD ภายใต้เงื่อนไขที่สภาวะแวดล้อมต่างๆ กัน ตามค่าพารามิเตอร์ในตารางที่ 4.1 หากสามารถทราบข้อมูลของสภาวะแวดล้อมของระบบ ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านั้นเป็นสิ่งสำคัญต้องการกำหนดค่าจุดเปลี่ยน (threshold) เช่น ถ้าสามารถทราบได้ว่าระบบมีพารามิเตอร์เท่าใด ก็จะสามารถกำหนดค่าจุดเปลี่ยน (threshold) ของค่า AFD ได้ กราฟรูปที่ 4.5 และ รูปที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงระหว่างค่าความน่าจะเป็นของค่าจุดเปลี่ยน (threshold probability) และค่า AFD



รูปที่ 4.6 ค่า E_b/I_o กับค่า AFD ที่สภาวะแวดล้อมต่างๆ กัน ตามค่าพารามิเตอร์ในตารางที่ 4.1

กรณีที่ 1 β_{w1} , กรณีที่ 2 β_{w2} และกรณีที่ 3 β_{w3}

ในกรณีที่เลือกค่าจุดเปลี่ยน (threshold) ที่ใช้ในการทำการส่งข้อมูล ให้มีค่าสูงกว่าเอนเวโลปของสัญญาณหรือสูงกว่าค่า E_b/I_0 ความน่าจะเป็นที่การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณจะอยู่ภายในระดับของค่าจุดเปลี่ยน (threshold) จะลดลง แต่จะพบว่าความกว้างของเฟดจะขยายออก

จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากรูป ค่า P_w ขึ้นอยู่กับค่า σ_R^2 ซึ่งจะต้องออกแบบค่าจุดเปลี่ยน (threshold) หรือตำแหน่งของการส่ง อยู่บนพื้นฐานของพารามิเตอร์เหล่านี้ที่เกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน นั่นคือ AFD, ความน่าจะเป็นของค่าจุดเปลี่ยน (threshold probability) และ σ_R^2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การวิเคราะห์และการแสดงผลของการจำลองระบบ

โดยวิธีการจำลองแบบ

5.1 บทนำ

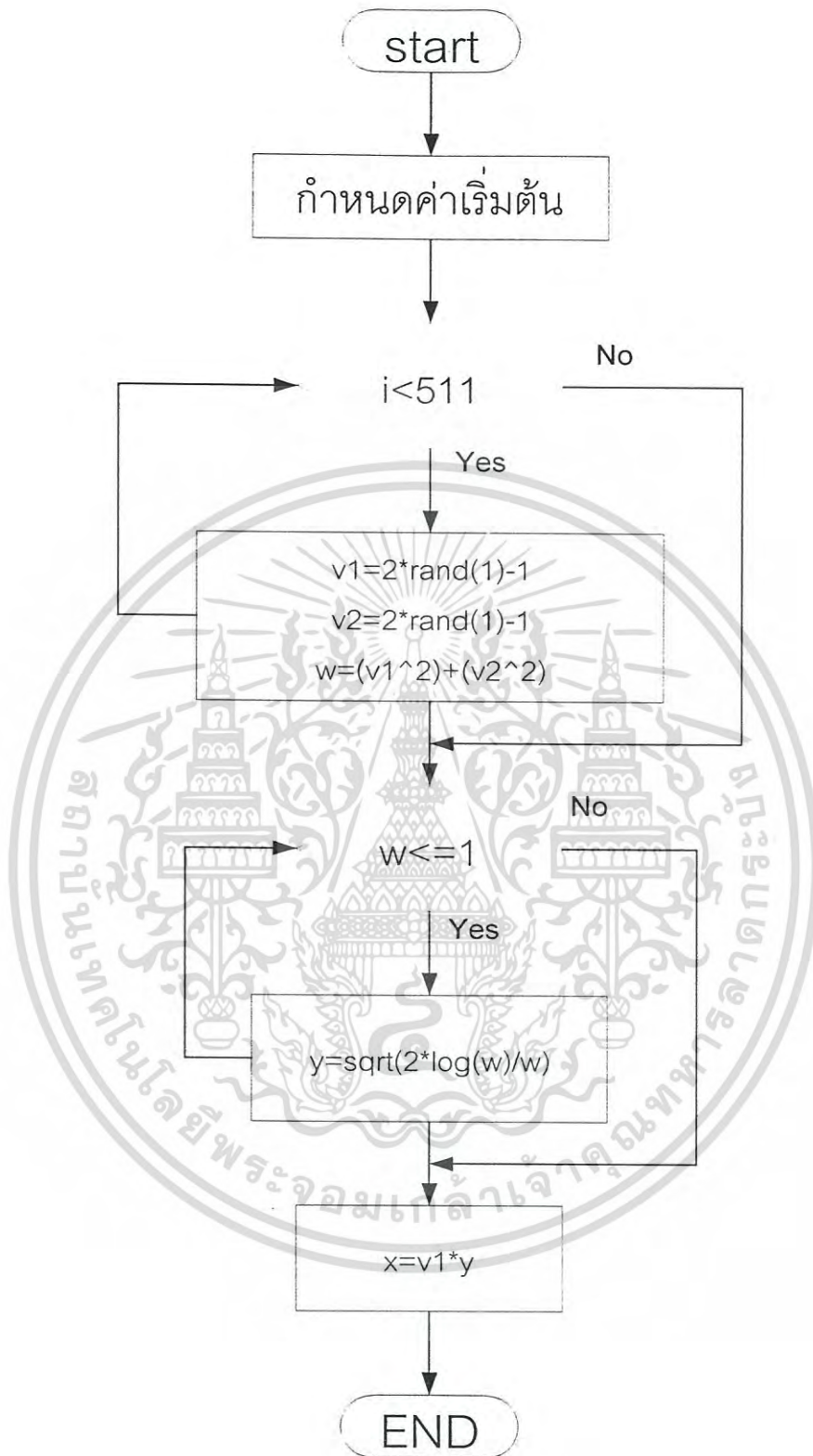
บทนี้ได้ทำการวิเคราะห์ของสัญญาณโดยวิธีการจำลองแบบ จากการเขียนโปรแกรมจำลองการทำงานของระบบ โดยจำลองโมเดลของช่องสัญญาณที่อยู่ในสถานะที่แย่ที่สุด (bad state) ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองแบบนำมาวิเคราะห์ผลของช่องสัญญาณที่มีต่อความผิดพลาดของบิตข้อมูล

5.2 ผลการวิเคราะห์

5.2.1 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม

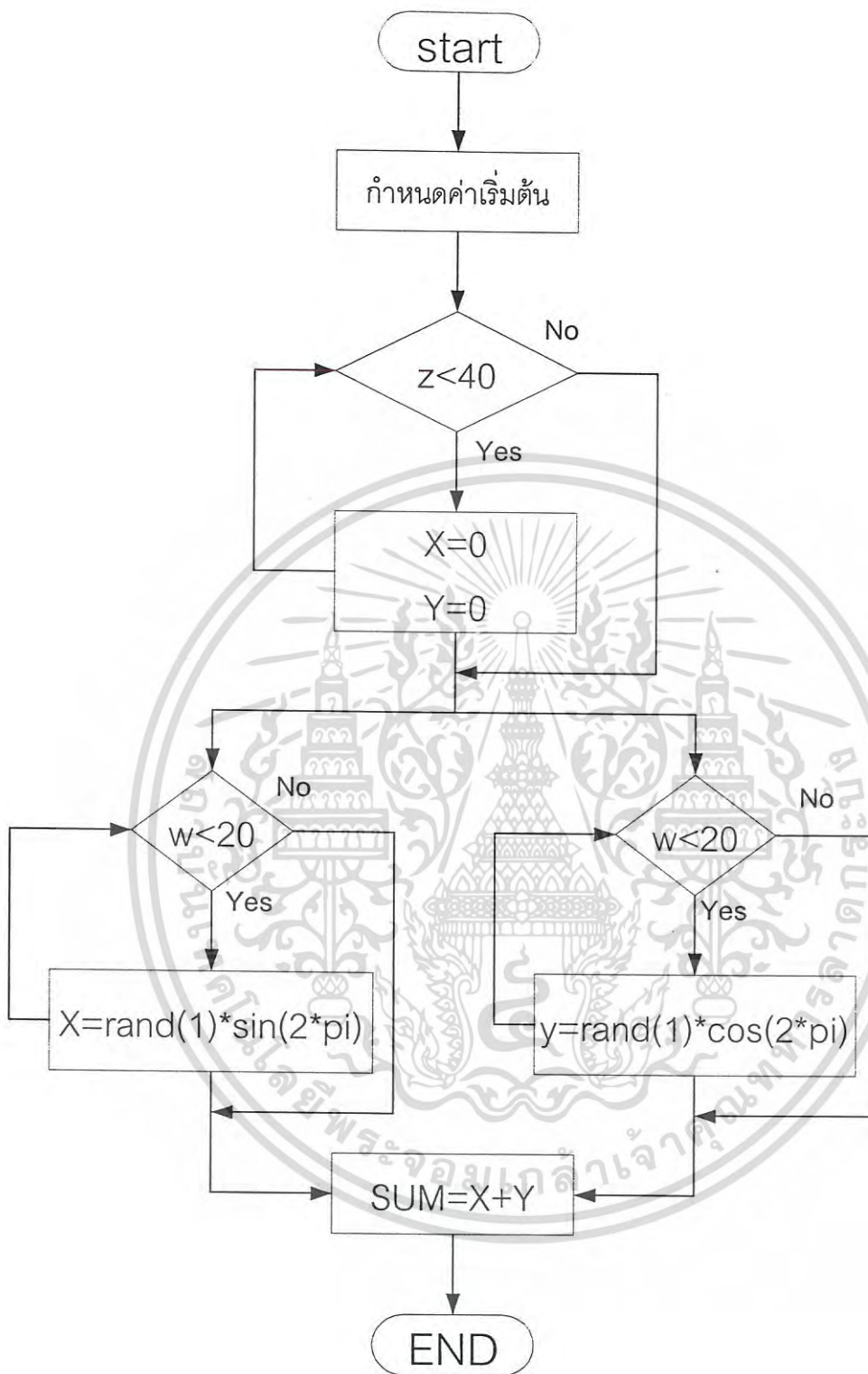
วิธีการวิเคราะห์ระบบ โดยการจำลองแบบนั้น ได้ทำการเขียนโปรแกรมในการออกแบบโดยโปรแกรมที่ใช้นั้นมีรูปแบบการทำงานแบ่งเป็นดังนี้

1. โปรแกรมสร้างสัญญาณรบกวนที่มีการกระจายแบบปรกติล็อก (log-normal) และแบบเรย์ลี (Rayleigh) แล้วนำสัญญาณทั้ง 2 มารวมกัน
2. โปรแกรมสร้างโกลด์ซีควีน (Gold sequence) จากการรวมกัน 2 ซีควีน
3. โปรแกรมหลัก โดยการนำเอาโปรแกรมรวมกันเพื่อหาค่าความน่าจะเป็นของบิตที่เกิดความผิดพลาด (Bit error probability) ของระบบ ซึ่งการทำงานของโปรแกรมต่างๆ เป็นดังต่อไปนี้



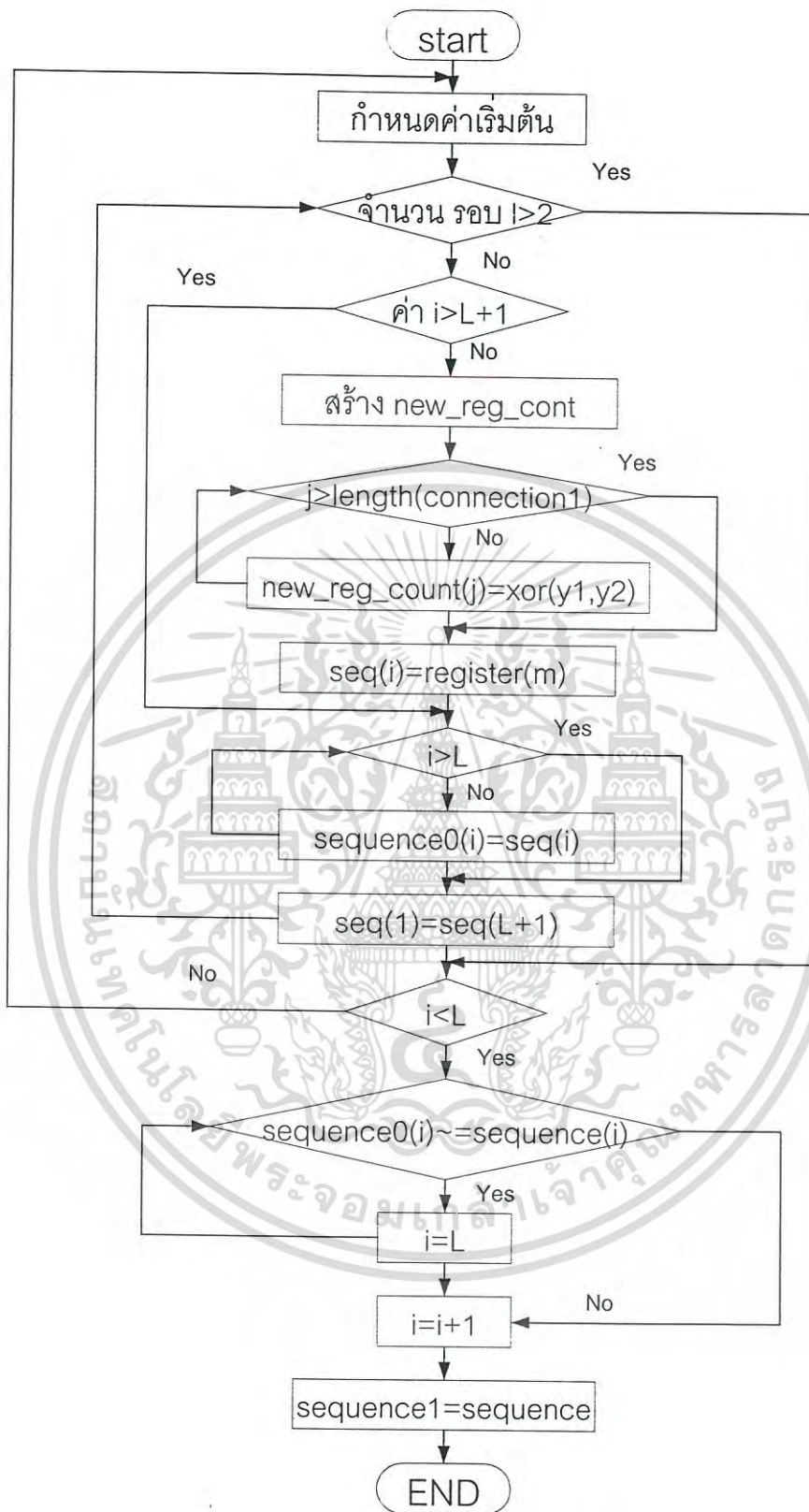
รูปที่ 5.1 แผนภูมิโปรแกรมการสร้างสัญญาณรบกวนที่มีการกระจายแบบปรกติล็อก (log-normal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



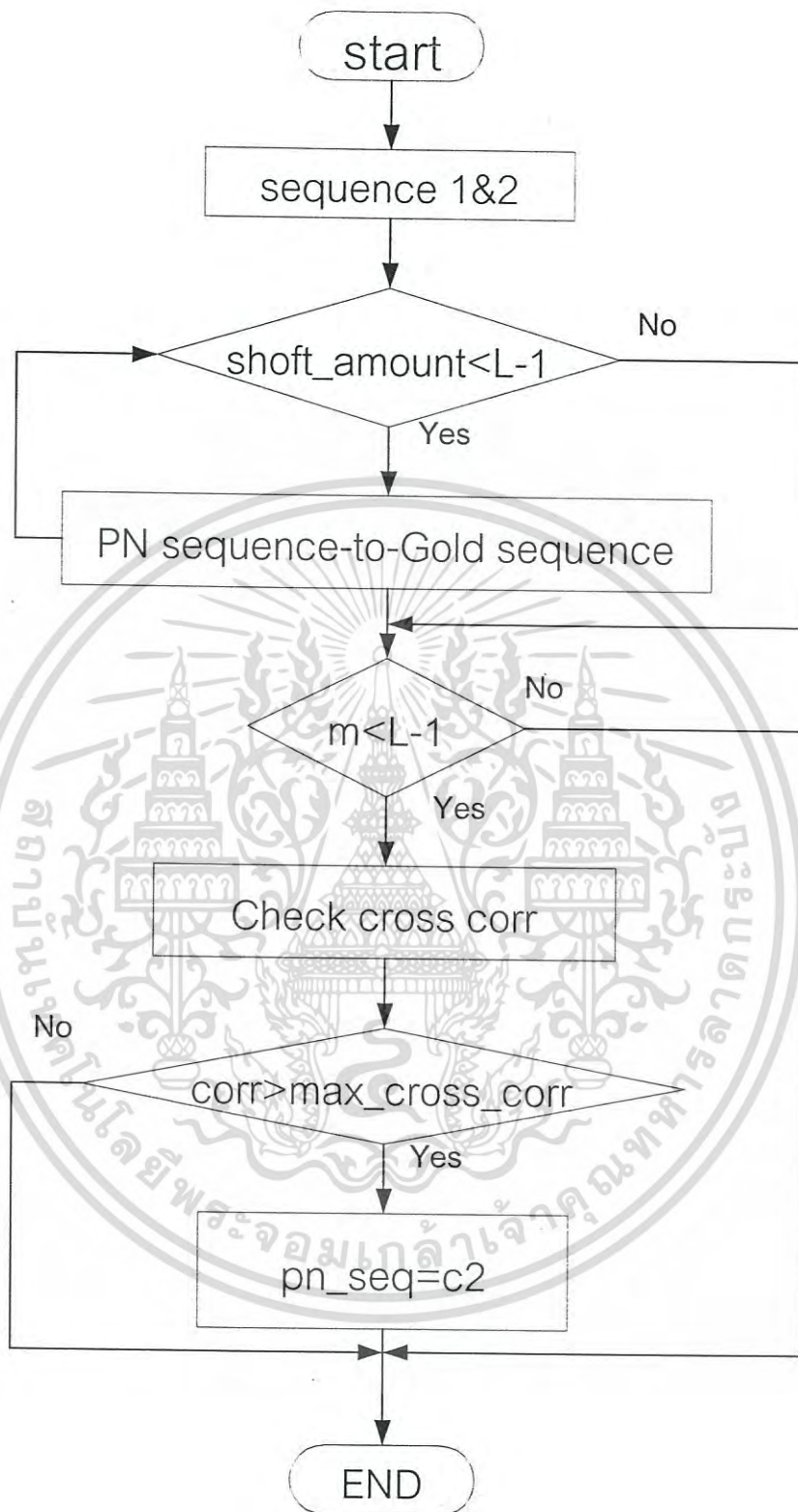
รูปที่ 5.2 แสดงแผนภูมิโปรแกรมการสร้างสัญญาณรบกวนที่มีการกระจายแบบเรย์ลี (Rayleigh)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



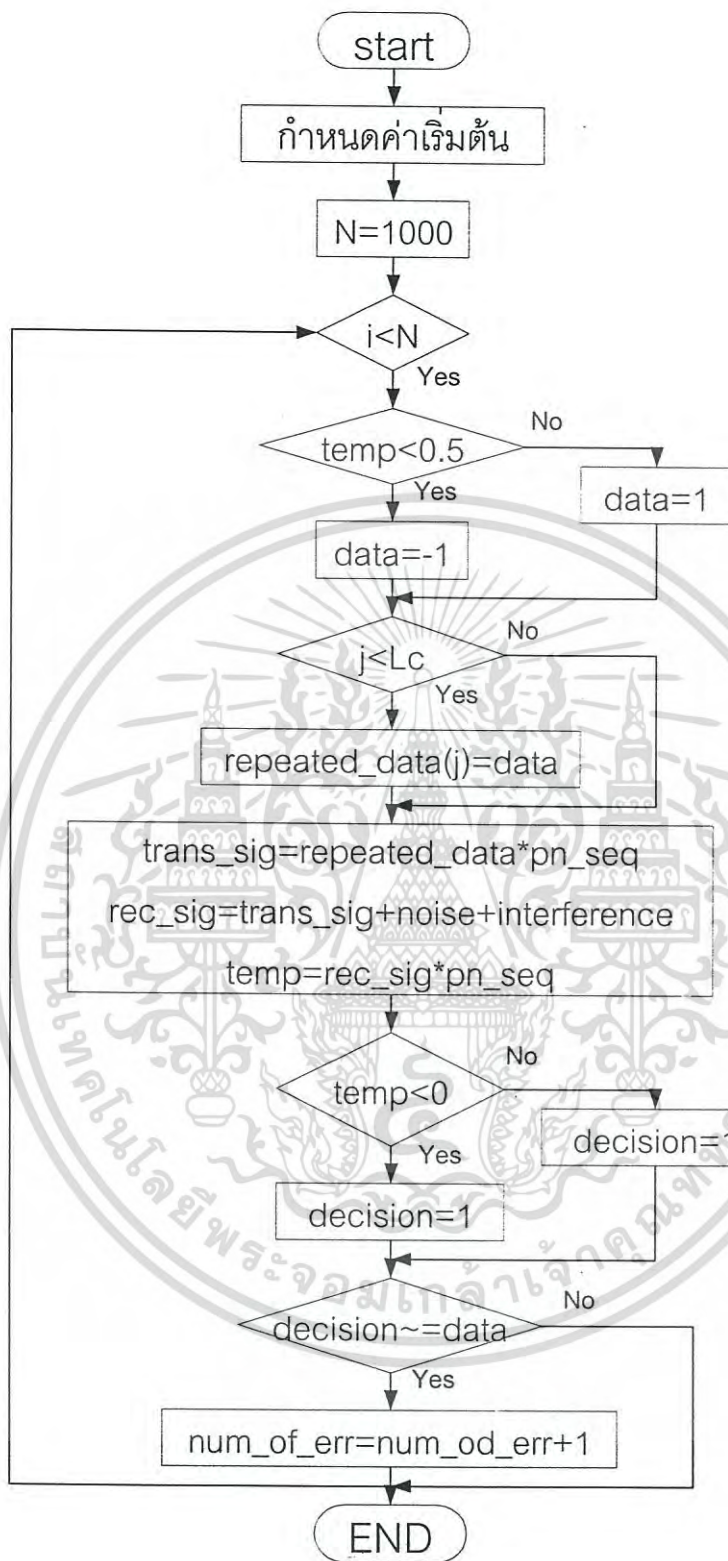
รูปที่ 5.3 แสดงแผนภูมิโปรแกรมการสร้างลำดับ PN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แสดงแผนภูมิโปรแกรมสร้างโกลด์ซีควีน (Gold-sequence)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แผนภูมิโปรแกรมหลักในการแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

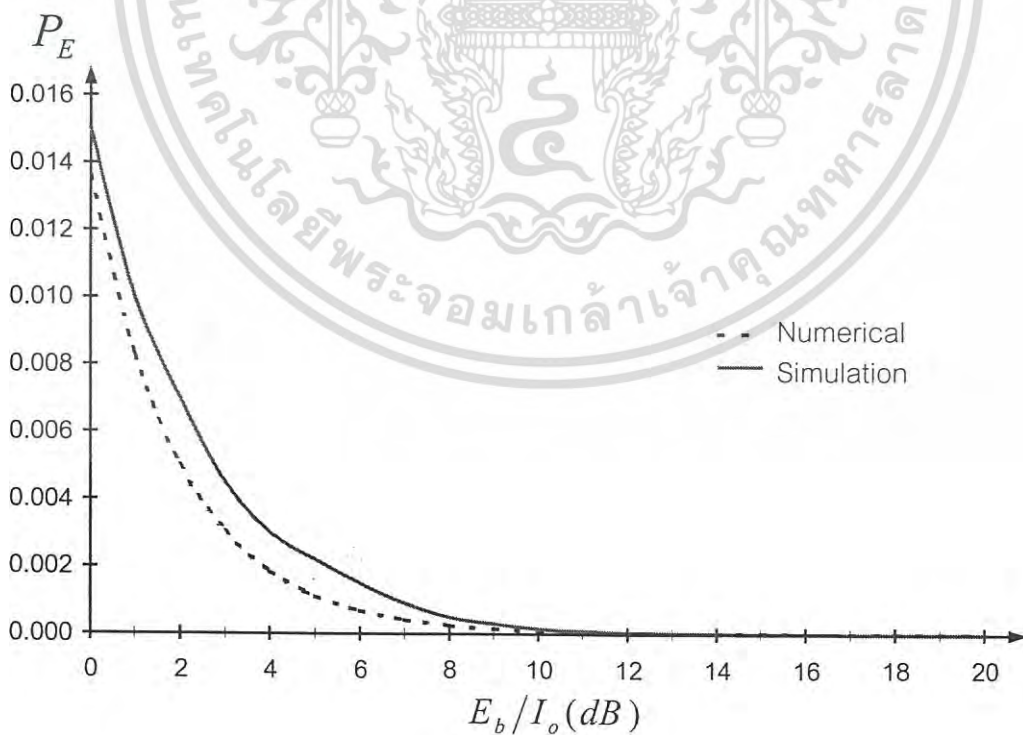
จากรูปที่ 5.1 และรูปที่ 5.2 เป็นแผนภูมิโปรแกรมในการสร้างสัญญาณรบกวนที่มีการกระจายแบบปรกติล็อก (log-normal) และแบบเรย์ลี (Rayleigh) โดยที่นำโปรแกรมทั้ง 2 มารวมกัน เพื่อทำการจำลองสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในช่องสัญญาณ

จากรูปที่ 5.3 เป็นแผนภูมิโปรแกรมสำหรับการสร้างรหัสลำดับ PN ซึ่งสำหรับโกลด์ซี-เควิน (Gold-sequence) นั้น เป็นการนำลำดับรหัส 2 ลำดับรหัสมารวมกัน ดังนั้นแผนภูมิโปรแกรมในรูปที่ 5.3 สามารถสร้างลำดับรหัสได้หลายแบบ ตามเงื่อนไขที่ต้องการ โดยการเปลี่ยนตำแหน่งของการโมดูโล 2 ในลีเนียร์ซีพรีจิสเตอร์ หลังจากนั้นนำลำดับรหัสทั้ง 2 ที่ได้สร้างขึ้นมาทำการรวมกัน เพื่อสร้างโกลด์ซีเควิน (Gold-sequence) ดังแผนภูมิโปรแกรมในรูปที่ 5.4

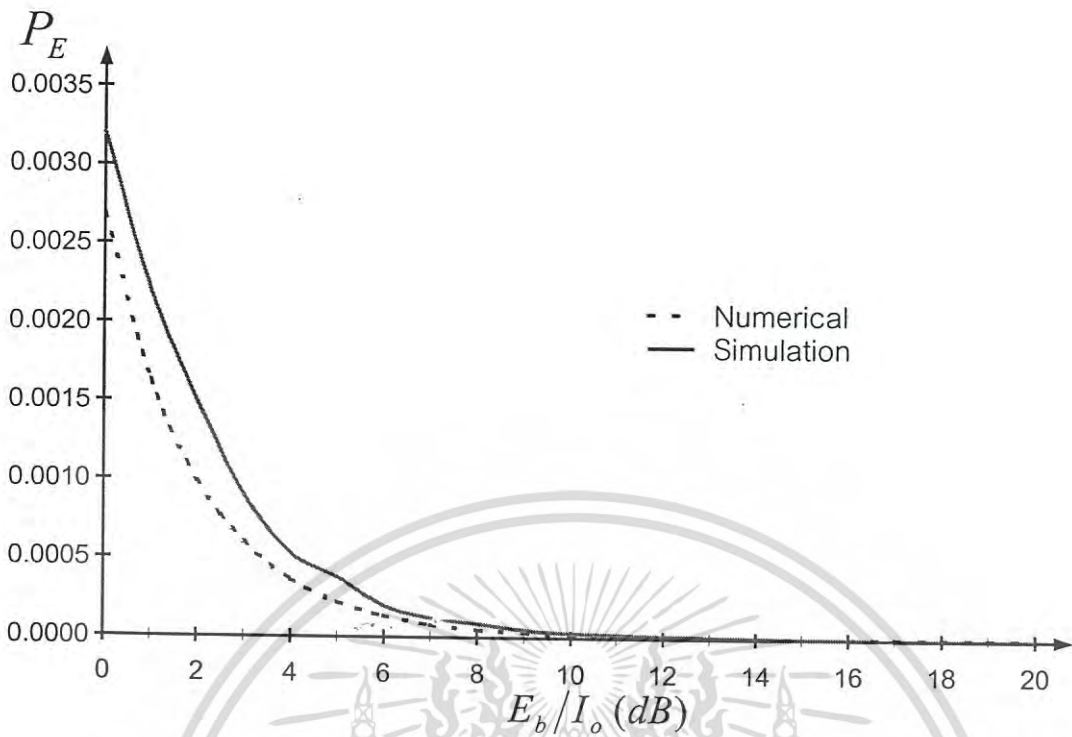
จากการทำการสร้างสัญญาณรบกวน และทำการสร้างโกลด์ซีเควิน (Gold-sequence) เรียบร้อยแล้ว จึงนำโปรแกรมทั้งหมดมารวมกันในโปรแกรมหลัก ที่ได้แสดงแผนภูมิโปรแกรมดังรูปที่ 5.5 เพื่อทำการหาบิตข้อมูลที่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น

5.2.2 ผลการวิเคราะห์จากการจำลองแบบ

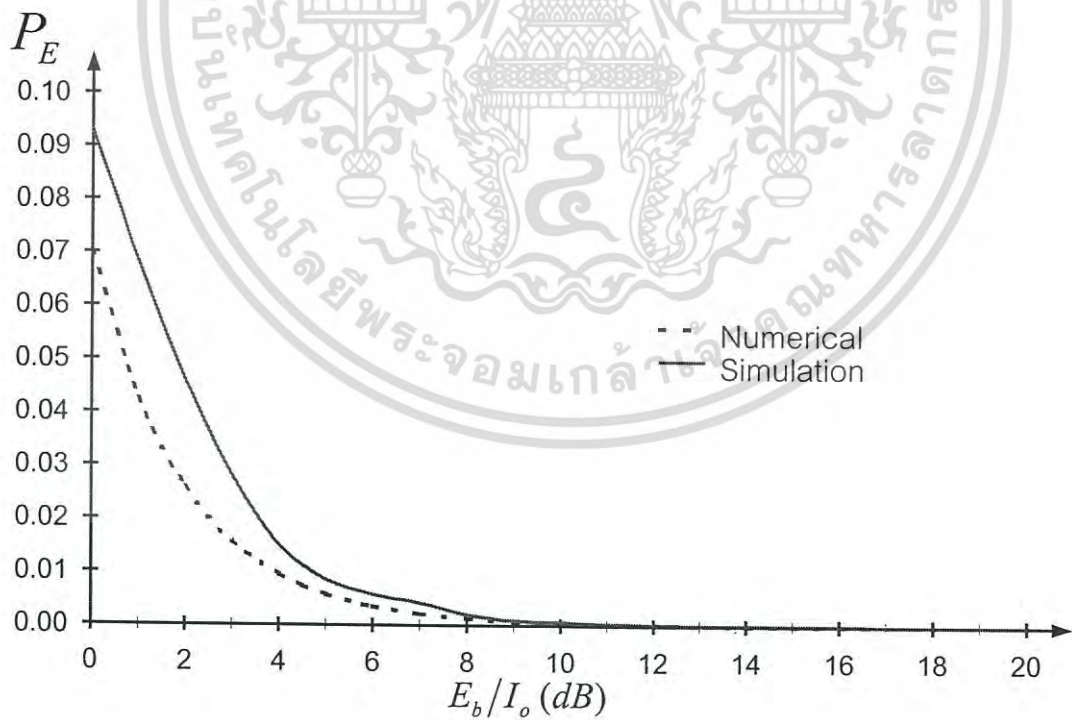
จากการทำการจำลองแบบ โดยการทดลองด้วยพารามิเตอร์ของสถานะของช่องสัญญาณตามพารามิเตอร์ที่แสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งผลของการจำลองแบบเป็นไปดังกราฟต่อไปนี้ ซึ่งกำหนดให้ค่า P_E เป็นค่าความน่าจะเป็นที่บิตข้อมูลเกิดความผิดพลาด (bit error probability)



รูปที่ 5.6 แสดงค่า P_E กับค่า E_b/I_o ในสถานะแวดล้อมที่มีค่าในกรณีที่ 1 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

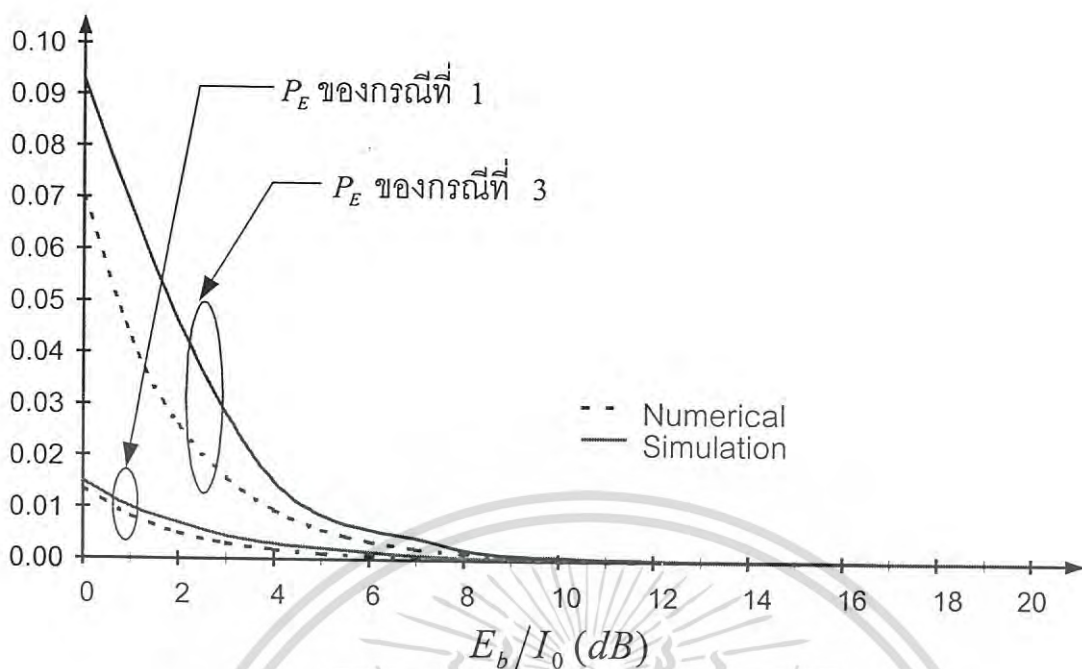


รูปที่ 5.7 ค่าแสดงค่า P_E กับค่า E_b/I_o ในสถานะแวดล้อมที่มีค่าในกรณีที่ 2



รูปที่ 5.8 แสดงค่า P_E กับค่า E_b/I_o ในสถานะแวดล้อมที่มีค่าในกรณีที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 แสดงค่า P_E กับค่า E_b/I_0 ในสถานะแวดล้อมที่มีค่าในกรณีที่ 1 และ กรณีที่ 3

จากรูปที่ 5.6 ถึงรูปที่ 5.9 เป็นการแสดงค่า ค่า P_E กับค่า E_b/I_0 ในสถานะแวดล้อมต่างๆ ในแต่ละกรณีที่ได้ออกทำการทดลองตามค่าพารามิเตอร์ในตารางที่ 4.1 ซึ่งพบว่าผลของการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์มีค่าใกล้เคียงกับผลของการจำลองแบบ

ผลที่ได้จากกราฟรูปที่ 4.4 ถึงรูปที่ 4.6 และกราฟรูปที่ 5.6 ถึงรูปที่ 5.9 ในการวิเคราะห์ระบบ และพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สามารถตัดสินสภาพของระบบ เราสามารถสรุปได้จากรูปที่ 5.10 ดังนี้

$$---P_E---\beta_w---P_w---E_b/I_0---P_E---\beta_w---P_w---$$

รูปที่ 5.10 ไคอะแกรมแสดงพารามิเตอร์ที่นำมาตัดสินสภาพของระบบ

ซึ่งค่า P_E เป็นค่าความน่าจะเป็นของการผิดพลาดของบิตข้อมูล (bit error probability)

จากไคอะแกรมข้างต้นผู้ออกแบบสามารถออกแบบตำแหน่งการเตือนที่ตำแหน่ง “x” ใดๆ จากค่าค่าความน่าจะเป็นของการผิดพลาดของบิตข้อมูล (bit error probability) ของแพ็คเกจที่ ได้รับในขณะที่มีค่า AFD เท่ากัน ซึ่งช่วงของค่า “x” และค่า AFD ที่จะสามารถเลือกนั้น สามารถ กำหนดขึ้นได้โดยค่าเฉลี่ยของ P_E

บทที่ 6

สรุป

6.1 บทนำ

วิทยานิพนธ์นี้ นำเสนอแนวทางในการวิเคราะห์ช่องสัญญาณดาวเทียม ที่มีความเสียหายเนื่องมาจากสัญญาณรบกวนต่างของการสื่อสารผ่านดาวเทียม โดยใช้หลักการของโคเรคซีแคว้นซ์สเปรดสล็อตเตดเดอโลฮา (Direct Sequence Spread-Slotted ALOHA)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อหาจุดการทำงานที่ดีที่สุดของช่องสัญญาณ ในขณะที่ช่องสัญญาณประสบปัญหาเนื่องจากสัญญาณรบกวนต่างๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งผู้ออกแบบระบบการสื่อสารสามารถเลือกระบบที่นำมาใช้ ให้เหมาะสมกับสถานะแวดล้อมที่เกิดขึ้นในระบบ เพื่อให้ระบบที่ได้มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

ในบทที่ 3 ได้เสนอแนวทางในการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ช่องสัญญาณดาวเทียม โดยใช้หลักการของโคเรคซีแคว้นซ์สเปรดสล็อตเตดเดอโลฮา ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าวได้ทำการศึกษาสภาพของช่องสัญญาณดาวเทียมที่อยู่ในสถานะที่แย่ที่สุด ซึ่งพิจารณาสถานะที่แย่ที่สุดเนื่องมาจากสัญญาณรบกวนที่เกิดจากช่องทอมเฟดดิ้ง (Long-term Fading) และช่องทอมเฟดดิ้ง (Short-term Fading)

ในบทที่ 4 และบทที่ 5 ได้ทำการทดลองโมเดลทางคณิตศาสตร์ และวิธีการจำลองแบบ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่นำมาทดลองเป็นค่าที่ได้ทำการวัดจริง เพื่อแสดงให้เห็นถึงสภาพของระบบ โดยการพิจารณาวิเคราะห์ด้วยพารามิเตอร์ที่สำคัญด้วยค่า β_w , P_w , AFD และค่า P_E ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านี้สามารถนำมาวิเคราะห์ถึงสภาพของช่องสัญญาณ เพื่อทำการออกแบบระบบ และวิเคราะห์ช่องสัญญาณขณะที่ช่องสัญญาณประสบกับสัญญาณรบกวนต่างๆ ของการสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียม

จากวิธีการวิเคราะห์นั้นได้กำหนดสถานะของการสื่อสารที่เป็นแบบของโคเรคซีแคว้นซ์สเปรดสล็อตเตดเดอโลฮา ด้วยค่าความน่าจะเป็นของการผิดพลาดของบิตข้อมูล (bit error probability) ที่มีผลกระทบเนื่องมาจากจากช่องทอมเฟดดิ้ง (Long-term Fading) และช่องทอมเฟดดิ้ง (Short-term Fading) ซึ่งผลที่ได้นำมาเป็นตัวตัดสินสถานะของระบบ

ในการแก้ปัญหาผลกระทบของระบบที่ได้ทำการวิเคราะห์มีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การเลือกคุณสมบัติของการกำหนดรหัส ซึ่งประสิทธิภาพของวิธีการดังกล่าวขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของการสหสัมพันธ์ของรหัส ซึ่งเป็นหลักการต่างๆ ไปของ CDMA และการกำหนดคุณสมบัติของโปรโตคอลที่มีผลกระทบต่อการใช้ช่องสัญญาณทั้งระบบเชื่อมโยงขาขึ้น (uplink) และระบบเชื่อมโยงขาลง (downlink)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการกำหนดคุณสมบัติของสถานะการสื่อสาร จำเป็นที่จะต้องทราบข้อมูลของสภาวะของระบบเพื่อหาค่าของพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือ AFD, จุดเริ่มเปลี่ยน (threshold), และ σ_R^2 จากผลที่ได้รับ การเปลี่ยนแปลงระหว่าง AFD และจุดเริ่มเปลี่ยน สามารถใช้เป็นพารามิเตอร์ในการตัดสินใจซึ่งกันและกัน จากเอนเวโลปของสัญญาณและเฟดดิ้งที่ได้รับ

6.2 การนำไปประยุกต์ใช้

ในปัจจุบันระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ดาวเทียมโดยส่วนใหญ่ที่มีโครงสร้างพื้นฐาน ในลักษณะที่มีผู้ใช้เป็นจำนวนมากในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ ซึ่งมีการพัฒนาอย่างกว้างขวาง ดังนั้นแบบจำลองในงานวิจัยนี้ได้สร้างขึ้น เพื่อให้เหมาะกับการสื่อสารเคลื่อนที่ผ่านดาวเทียมที่มีผู้ใช้จำนวนมาก และเหมาะสมกับเทคนิคที่ได้นำมาวิเคราะห์ศึกษาในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ ที่มีความจำเป็นต่อผู้ออกแบบระบบ ซึ่งผู้ออกแบบควรคำนึงถึงสภาพของช่องสัญญาณ เพื่อที่ทำการออกแบบและตัดสินใจในการออกแบบระบบ ให้ระบบได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Pasad, R. "CDMA for Wireless Personal Communications", Boston. London, *Artech House*. 1996.
- [2] Sampei, S. "Application of Digital Wireless Technologies to Global Wireless Communication", *Prentice Hall PTR*, 1997.
- [3] Roda, G. "Troposcatter Radio Links", *Artech House*, 1998.
- [4] Andrew J. Viterbi, "Principles of Spread Spectrum Communication," *Addison Wesley*, 1995.
- [5] Michael Pursley, "Performance evaluation for phase-coded spread-spectrum multiple-access communication -Part I: System Analysis," *IEEE Trans. Commun.*, August 1997.
- [6] S.O.Rice, "Statistical Properties of a sine wave plus random noise," *Bell Syst.*, vol. 27, Jan 1948
- [7] Petr Beckmann, "Probability in Communication Engineering," *Harcourt, Brace&World* 1967.
- [8] Michel D. Yacoub, "FOUNDATION of MOBILE RADIO ENGINEERING," *CRC Press*, 1993
- [9] Jonathan P. Castro, "Statistic Observation of Data Transmission over Land Mobile Satellite Channels," *IEEE J. Select Area Comm.* October 1992.
- [10] E.Lutz,D. Cygan, M. Dippold, F. Dolainsky,W. Papke, "The Land Mobile Satellite Communication Channel-Recording, Statistics, and Channel Model," *IEEE Trans. On Vehicular*, vol vt-34, August 1985
- [11] C. Loo, "A Statistical Model for a Land Mobile Satellite Link," *IEEE Trans. on Vehicular*, vol vt-40, no. 2, May 1991
- [12] F. Davarain, "Fade Margin Calculation for Channels Impaired by Rician Fading," *IEEE Trans. on Vehicular*, vol vt-34, no.1 February 1985.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ซอฟต์แวร์ของการจำลองระบบ

```

clc; clear;

Lc=511; % จำนวนของ chips per bit
A=3; % แอมพลิจูด interference
w0=1; % ความถี่ของสัญญาณ interference หน่วย radians
snr_in_dB=5;

snr=10^(snr_in_dB/10);
sgma=1; % noise standard deviation is fixed
Eb=2*sgma^2*snr; % ระดับของสัญญาณที่ต้องการ ตามค่า SNR ที่ได้รับ
E_chip=Eb/Lc; % ค่า energy per chip
N=100; % จำนวนของ bit ที่ทำการส่ง

num_of_err=0;
for i=1:N, % สร้าง data bit
    temp=rand;
    if (temp<0.5),
        data=-1;
    else
        data=1;
    end; % repeat it Lc times, i.e. divide it into chips
    for j=1:Lc,
        repeated_data(j)=data;
    end;

    % pn sequence for the duration of the bit is generated next
    connections1=[1 1 1 1 0 1 1 1 1];
    connections2=[1 1 1 1 0 0 1 0 1 1];

```

```

%sequence1 for connections1;
sequence=0; sequence0=0;
m=length(connections1);
L=2^m-1;
registers=[1 1 1 0 0 1 0 1 1];
seq(1)=registers(m); % first element, registers=[0 0 0 0 1]
for i=2:L+1,
    new_reg_cont(1)=connections1(1)*seq(i-1); %connections1(1)=1
    for j=2:m,
        y1=registers(j-1);
        y2=~connections1(j)*seq(i-1);
        new_reg_cont(j)=xor(y1,y2);
    end;
    registers=new_reg_cont;
    seq(i)=registers(m);
end;
for i=1:L,
    sequence0(i)=seq(i);
end;
seq(1)=seq(L+1); % first element, registers=[0 0 0 0 1]
for i=2:L+1,
    new_reg_cont(1)=connections1(1)*seq(i-1); %connections1(1)=1
    for j=2:m,
        y1=registers(j-1);
        y2=~connections1(j)*seq(i-1);
        new_reg_cont(j)=xor(y1,y2);
    end;
    registers=new_reg_cont;
    seq(i)=registers(m); % the next element of the sequence
end;
for i=1:L,
    sequence(i)=seq(i);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end;
i=1;
while i<L
    if sequence0(i)~=sequence(i)
        fprintf('sequence0(%1.0f)=%1.0f : sequence(%1.0f)=%1.0f\n',i,sequence0
(i),i,sequence(i));
        fprintf('Not Match\n');
        wait=input('Press any key');
        sequence=0;
        i=L;
    end
    i=i+1;
end
sequence1=sequence;
%sequence2 for connections2;
sequence=0; sequence0=0;
m=length(connections2);
L=2^m-1;
registers=[1 1 1 0 0 1 0 1 1];
seq(1)=registers(m); % first element, registers=[0 0 0 0 1]
for i=2:L+1,
    new_reg_cont(1)=connections2(1)*seq(i-1); %connections2(1)=1
    for j=2:m,
        y1=registers(j-1);
        y2=~connections2(j)*seq(i-1);
        new_reg_cont(j)=xor(y1,y2);
    end;
    registers=new_reg_cont;
    seq(i)=registers(m);
end;
for i=1:L,

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sequence0(i)=seq(i);
end;
seq(1)=seq(L+1);      % first element, registers=[0 0 0 0 1]
for i=2:L+1,
    new_reg_cont(1)=connections2(1)*seq(i-1); %connections(1)=1
    for j=2:m,
        y1=registers(j-1);
        y2=~connections2(j)*seq(i-1);
        new_reg_cont(j)=xor(y1,y2);
    end;
    registers=new_reg_cont;
    seq(i)=registers(m);      % the next element of the sequence
end;
for i=1:L,
    sequence(i)=seq(i);
end;
i=1;
while i<L
    if sequence0(i)~=sequence(i)
        fprintf('sequence0(%1.0f)=%1.0f : sequence(%1.0f)=%1.0f\n',i,sequence0
(i),i,sequence(i));
        fprintf('Not Match\n');
        wait=input('Press any key');
        sequence=0;
        i=L;
    end
    i=i+1;
end
sequence2=sequence;

%***PN Sequence-to-Gold Sequence*****

```

$L=2^{\text{length}(\text{connections1})-1}$;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for shift_amount=0:L-1,
    temp=[sequence2(shift_amount+1:L) sequence2(1:shift_amount)];
    gold_seq(shift_amount+1,:)=(sequence1+temp) - floor((sequence1+temp)/2).*2;
end;

%*****Check max cross corr of gold_seq(i,:) the ith row of sequence*****
max_cross_corr=0;
i=160;
j=500;
c1=2*gold_seq(i,:)-1;
c2=2*gold_seq(j,:)-1;
for m=0:L-1,
    shifted_c2=[c2(m+1:L) c2(1:m)];
    corr=abs(sum(c1.*shifted_c2));
    if (corr>max_cross_corr),
        max_cross_corr=corr;
    end;
end;
pn_seq=c2;
trans_sig=sqrt(E_chip)*repeated_data.*pn_seq;
noise=sgma*randn(1,Lc);
n=(i-1)*Lc+1:i*Lc;
interference=A*sin(w0*n);
rec_sig=trans_sig+noise+interference;
temp=rec_sig.*pn_seq;
decision_variable=sum(temp);
if (decision_variable<0),
    decision=-1;
else
    decision=1;
end;

% if it is an error, increment the error counter

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if (decision~=data),  
    num_of_err=num_of_err+1;  
end;  
end;  
% then the measured error probability is  
p=num_of_err/N;  
fprintf('\n number of error = %f\n',num_of_err);
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
ซอฟต์แวร์ของห้องสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวน
เนื่องจาก shadowing และเฟดดิ้ง

```

clc;clear;
for i=1:0.5:511
    y=0;
    m1=0.7; v1=0.5;
    m=log((m1^2)/(sqrt((v1^2)+(m1^2))));
    v=log(((v1^2)+(m1^2))/(m1^2));
    v1=(2*rand(1))-1;
    v2=(2*rand(1))-1;
    w=(v1^2)+(v2^2);
    if w<=1
        y=sqrt((-2*log(w))/w);
    end
    x1=v1*y;
    x2(i)=m+(v*x1);
    y1(i)=x2(i);
end
for z=1:1:40
    xx=0; yy=0;
    for ww=1:1:20
        tt=0.00001:0.00001:0.00511;
        aa=0; bb=2*pi; cc=((bb-aa)*rand(1)+bb);
        dd=rand(1)*sin(2*pi*(10^9)*tt+cc);
        yy=yy+dd;
    end
    for ww=1:1:20
        tt=0.00001:0.00001:0.00511;
        aa=0; bb=2*pi; cc=((bb-aa)*rand(1)+bb);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ee=rand(1)*cos(2*pi*(10^9)*tt+cc);  
xx=xx+ee;  
end  
ff=(xx.^2)+(yy.^2);  
kk=sqrt(ff);  
end  
new = y1+kk;  
plot(new)  
fprintf(' seq=%2.5f \n',new);
```

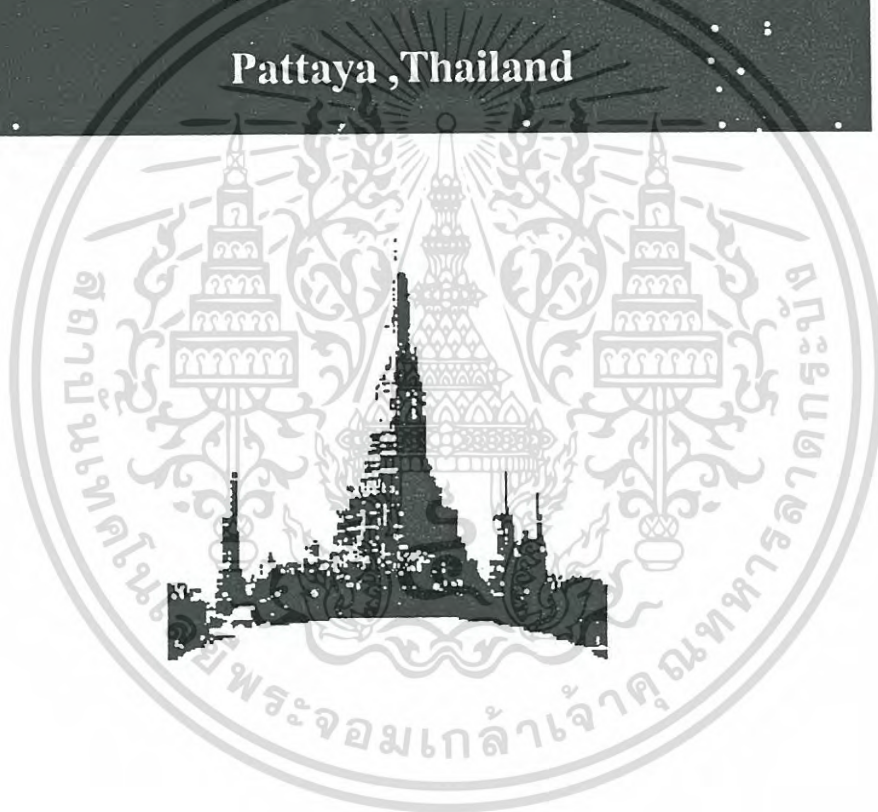


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Proceedings of
Thailand – Japan Joint Symposium
On Microwaves 1999**

September 21-22, 1999

Pattaya, Thailand



eic

**THE INSTITUTE OF ELECTRONICS,
INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERS**

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) งานการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transition State for Impaired LEOs Channel Using Direct Sequence Spread-Slotted ALOHA Scheme

Kanlaya Janchowna, Seri Asvaruk, Suvepol Sittichevapak and Ruttikom Varakulsiripunth
Research Center for Communication and Information Technology(ReCCIT)
and Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang Bangkok 10500, Thailand

Abstract

This paper focuses on the method for determining transition state of satellite-based direct-sequence spread-slotted ALOHA(DS-SSA) while system channel suffers in performance due to excess multiple-access interference and impaired channel characteristics caused by long-term fading and short-term fading. Several techniques employ different style or measure to classify bad and good state in which the developed scheme is required to exploit. We study, in this paper, the method of identifying state transition by means of fade duration and error probability. To achieve this, we compare SNR of DS-SSA derived from Gaussian approximation to threshold probability which is relative to common level of fade depth. The results which obtain from the comparison indicate the reverse proportional relation probably used for selecting transition point. Numerical results of decision state are presented in case of the bad state assumed to be when margin-assigned user encounters undesired random variability of signal amplitude in which a short-term variation is super-imposed on a long-term variation. Finally, we show that selecting appropriate transition point is crucial to channel efficiency and period of good and bad state.

Keyword : Transition state, Direct-Sequence Spread-Slotted ALOHA(DS-SSA), Long-term and Short-term fading, Fade depth factor.

I. Introduction

In recent year, there have been many proposed multiple access protocol to support several necessary features for satellite and mobile satellite communications. In multiple access architectures such as slotted/unslotted ALOHA and Spread-spectrum random access, several classes of packet streams containing various traffic characteristics share channel resources and statistically perform traffic loads to the system. This load results in unstable behavior in which low throughput and high delay may be experienced. Such undesirable condition also occurs in the spread-slotted Aloha (SSA) system in which composite schemes of slotted ALOHA and spread-spectrum multiple access are exploited. In SSA system, the event that packets concurrently occurred in a slot does not necessarily result in unsuccessful transmission of packets while the signal-to-noise ratio(SNR) are kept within threshold value. SNR can be reduced or fluctuated by many reasons such as the increase of undesired user packets in a slot(Multiple Access Interference), unstable characteristics of environment between mobile satellite and terminal on earth such as multipath propagation and fading. The multiple access interference seen by an user strongly depends on operated spreading sequences and the number of users in the system. This paper study the method of using user packets as an alarm measure when system channel is going to suffers in performance due to the excess multiple-access interference and impaired channel characteristics caused by long-term and short-term fading. The former fading effect is possibly reduced by adding margin into LOS component or using diversity schemes, but the latter is more difficult since any restricted areas in close vicinity may need vastly different margin. If improper adding power is used, the signal from that terminal will becomes significant interference to other users, especially, in the spread-slotted ALOHA system where all users operate in time-coordinate burst mode. Several techniques such as, diversity, direct power control, packet permission control schemes, etc., have been considered to solve the degradation and its relative effects. Each employs different style or measure to classify bad and good state. Although hardware counteraction have been exploited, particular protocol having ability to adjust traffic loads in order to sustain system stability is necessary. We study, in this paper, the method of identifying point of state transition by mean of an alarm packet which contains the number of error bits more than that was bounded. When an alarm packet is detected, system can decide the process to protect or moderate the effect of degradation. The total number of error bits in a packet may or may not

exceed l bit errors which can be completely corrected by a forward errors correcting code. Numerical results of decision state are presented in case of the bad state assumed to be when margin-assigned user encounters undesired random variability of signal amplitude in which a short-term variation is superimposed on a long-term variation. It can be seen by the final result that selecting appropriate alarm or transition point is crucial to channel efficiency and period of good and bad state.

II. Characterization of SSA Channel

The SSA scheme to be considered in this paper is depicted in Fig.1. We assume the system is operated in frequency non-selective channel and multipath characteristics do not change the correlation properties of spreading sequences.

A. System Performance

We adopt the Chernoff bounds technique described in [1] to analyze the upper bound of bit error probability(P_E). By denoting β_w as fade depth factor(more detail will be described later) during signal fluctuation, We have

$$P_E < \exp\left[-\frac{N\beta_w P_c}{I_0}\right] \quad (1)$$

Here, N , I_0 and P_c are code length, total noise density and desired code energy at the receiver output, respectively. For simplicity we will express the term in brackets as energy per data bit per total noise plus interference(E_b/I_0).

Note that transmitted signal amplitude is assumed to be constant and identical for all users in each specific regions.

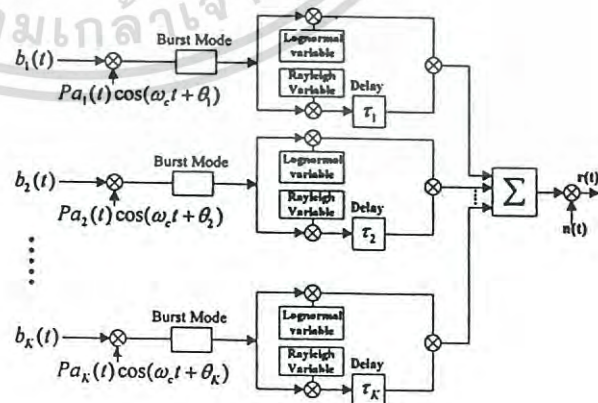


Fig. 1 Basic SSA Channel

(For user k ; θ_k : transmitted carrier phase, τ_k : multipath delay, $a_k(t)$: code sequence and $b_k(t)$: data sequence)

To simplify the analysis, we assume that tracking error results of signal and phase can be neglected. We also define burst(slot) mode at each users is constantly synchronized to satellite channel slot. The relation is computed with respect to independent random variables as carrier phase, multipath delay, code sequence : $a_{m,k}(t)$ and data sequence : $b_{m,k}(t)$, where k and m denote the user who transmitted this signal and its propagation path, respectively. Thus the desired signal of each chip of code sequence at the receiver output [1] is

$$y_n = \sqrt{P_{1,1}} a_{1,1}(t) + n_c \quad (2)$$

Where $a_{1,1}(t)$ is desired code and n_c is Gaussian noise plus multiple-access interference defined at the correlator output[2][3]

$$Z_{out}^{(1)} = \frac{1}{2} \sqrt{P_{1,1}} b_{1,1} T_b + \sum_{k=2}^K \sum_{m=1}^M \frac{1}{2} \sqrt{P_{m,k}} [(b_k^{-1} R_{1,k}(\tau_{m,k}) + b_k^0 \hat{R}_{1,k}(\tau_{m,k})) \cos \phi_k] + \int_0^{T_b} n_G(t) \cos \omega_c t dt \quad (3)$$

Here, T_b is data period, ϕ_k is received signal phase, $R(\tau)$ and $\hat{R}(\tau)$ are the continuous-time partial cross-correlation functions[3] and $n_G(t)$ is the zero-mean Gaussian noise with two-sided power spectral density, variance $N_0/2$.

According to [4], the model of received signal phase is approximated as Gaussian random variables. Multiple-access interference is also modeled as a Gaussian random variables with the distribution specified by means and variance. From the signal at correlator output, we reorganize noise variance in [3] for SSA channel

$$\sigma_{out}^2 = \left\{ \sum_{k=2}^K E \left[\frac{1}{2} \sqrt{P_{1,k}} \cdot (b_k^{-1} R_{1,k}(l) + b_k^0 \hat{R}_{1,k}(l)) \cdot \cos \phi_{1,k} \right]^2 + \sum_{k=2}^K \sum_{m=2}^M E \left[\frac{1}{2} \sqrt{P_{m,k}} (b_k^{-1} R_{1,k}(\tau_{m,k}) + b_k^0 \hat{R}_{1,k}(\tau_{m,k})) \cos \phi_{m,k} \right]^2 \right\} + \frac{N_0 T_b}{4}$$

Assuming the data bits are equiprobable and following the concepts of discrete aperiodic and continuous-time partial cross-correlation functions described in [3], giving

$$= \frac{1}{2T_b} \left\{ \sum_{k=2}^K (E \left[\frac{1}{4} P_{1,k} \right] \cdot \sum_{l=0}^{N-1} \int_{lT_c}^{(l+1)T_c} (R_{1,k}^2(l) + \hat{R}_{1,k}^2(l) dl) \right.$$

$$\left. + \sum_{k=2}^K \sum_{m=2}^M (E \left[\frac{1}{4} P_{m,k} \right] \cdot \sum_{l=0}^{N-1} \int_{lT_c}^{(l+1)T_c} R_{1,k}^2(\tau_{m,k}) + \hat{R}_{1,k}^2(\tau_{m,k}) d\tau \right\} + \frac{N_0 T_b}{4} \quad (4)$$

Where M is multipath components and $0 \leq lT_c \leq T_b$.

After some algebraic manipulations, we have root-mean square of noise plus interference :

$$I_o = \left\{ (k-1) T_b^2 \left[\frac{3\mu_L^2 \exp(\sigma_L^2) + 4\sigma_R^2}{12N} + \frac{N_0 T_b}{4} \right]^{1/2} \right\} \quad (5)$$

Where σ_L^2 and μ_L are variance and mean of long-term (lognormal) fading. σ_R^2 and T_b are mean signal power of multipath components and data period, respectively.

B. State Probability

To moderate the effect of long-term fading, a margin is assigned to users when they are passing fading region. This can be achieved by using recorded data related to elevation angle of antenna and kept in on-board processor.

We consider the case when a signal X dBm oscillating by W dB around area mean of fading, M dBm (users are assigned M -dB margin when moving into a specific area), $X = M + W$, while area mean W dB is the combined result of short-term (Rayleigh variables) and long-term fading (Lognormal variables) around its local mean, $W = y + \beta_w$. We use the general concepts that the cumulative distribution for a random variable z , where $z = x + y$ is given by

$$P(z) = \int_{-\infty}^{\infty} P(z-y) p(y) dy \quad (6)$$

Where $P(y)$ is the probability density of y .

By denoting β_w as fading signal level vary under threshold, the probability of the envelope level does not crosses a specified level W dB below long-term margin is:

$$P_w = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\exp(-w^2 / 2\sigma_L^2) \cdot \exp(10^{0.1\beta_w}) dw}{\sqrt{2\pi}\sigma_L} \quad (7)$$

This equation bases on the assumption that short-term fluctuation variables and slowly varying variables are statistically independent[5][6].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าวิจัยเท่านั้น ไม่ควรตีพิมพ์หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C. Average Fade Duration(AFD)

According to [2] and other several topics, AFD is defined by the equation

$$AFD = \frac{1}{N_w(w)} \int_0^{T_w} f_w(w) dw$$

$$= \frac{P_w}{N_w(w)} \tag{8}$$

Where $N_w(w)$ is the level crossing rate specified as expected rate at which the envelope crosses a specific signal envelope with the negative slope(downward LCR)

P_w is the cumulative distribution function or probability that the signal stay below a specified level (W) given in (7).

III. Numerical Results

Since β_w depends strongly on shadow characteristic as well as long-term margin, we will treat β_r as key parameter. To evaluate channel behavior in different aspects, we have three environment conditions obtained from the experiment results recorded in [7] and rearranged in Table I. For notational convenient, we express β_w for channel conditions defined as case 1, 2 and 3 as β_{w1} , β_{w2} and β_{w3} , respectively. This observation also corroborate the results obtained by calculating channel behavior at average conditions.

Table I
Channel Parameters

Case	$\mu_L(dB)$	$\sigma_L(dB)$	$\sigma_R(dB)$
1	-11.5	2	3.9
2	-12.2	4.4	9.3
3	-7.7	6	11.9

In Fig. 2, for the purpose of comparison to unslotted spread-spectrum CDMA channel, E_b/I_0 derived from the combined effect of fading and shadowing given in [8],[9] is used to consider along with the results obtained from that of SSA channel. The curve shows the inferior results of SS-CDMA channel at intermediate values of E_b/I_0 . For low values, relevant noise components comprising several factors mentioned earlier become a dominated factor. This we attribute to the fact that we assume ideal synchronization, which causes the results obtained from SSA channel more optimistic than that from unslotted channel. To lessen the error, we will treat the results from this analysis as the "worst" case for other numerical purposes.

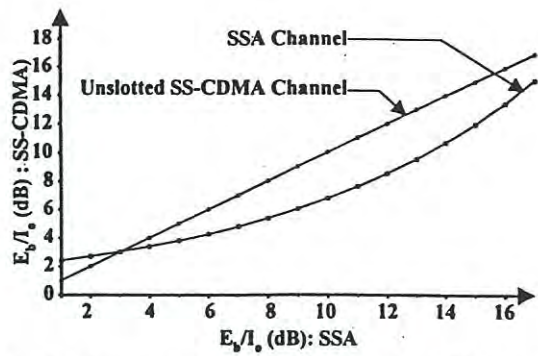


Fig. 2 Comparison of spread-slotted ALOHA and SS-CDMA scheme under impaired environment.

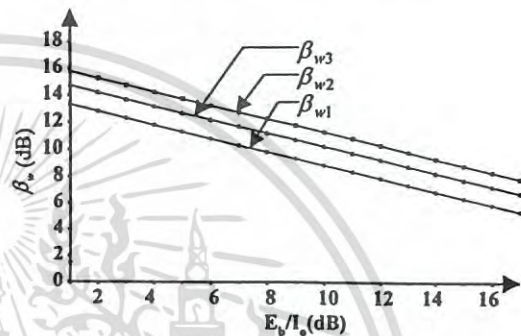


Fig. 3. E_b/I_0 versus fade depth factor, β_w (dB) at channel conditions case 1 (β_{w1}), case 2 (β_{w2}) and case 3 (β_{w3}).

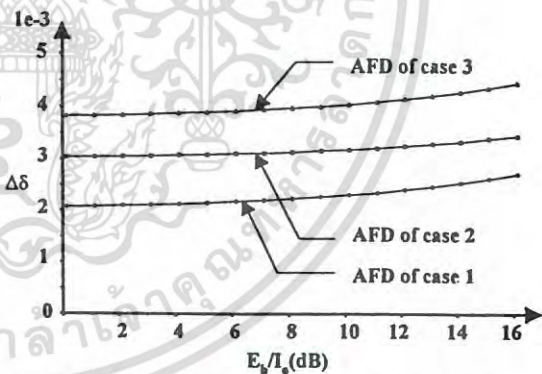


Fig. 4 E_b/I_0 versus Fade Duration($\Delta\delta$) at different channel conditions.

With reference to Fig. 3, results of E_b/I_0 versus β_w with channel parameters according to Table I show the first relation between average power due to multipath components and E_b/I_0 . The curve indicated that σ_R^2 is likely to dominate the SNR while μ_L has the least effect. Based on the results of three cases, σ_R^2 can be considered as an indicator of state behavior. This fact is evident from Fig. 4 and Fig. 5. If statistic information of each region was known, we would have important parameter such as average fade duration(AFD) as a reference data in associate with the specified threshold envelope. This can be done

when momentary fade duration is assumed to exceed two consecutive packets. Compared at the same E_b/I_0 values, Fig. 4 and Fig. 5 display a trade-off between threshold probability and AFD under the coincided conditions.

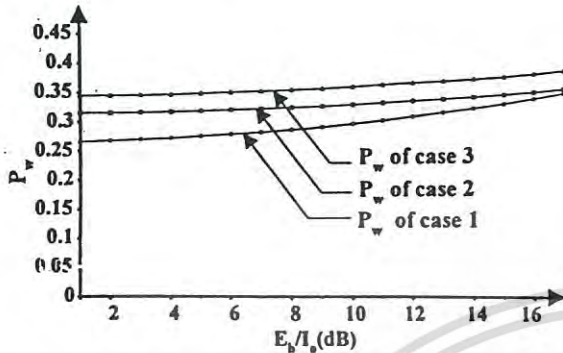


Fig. 5 E_b/I_0 versus Threshold Probability at different conditions : case 1 (β_{w1}), case 2 (β_{w2}) and case 3 (β_{w3}).

In case we select transition threshold at higher values of signal envelope or E_b/I_0 , probability that signal fluctuation will be kept within threshold level is increased but duration of fade is also extended. Long fade duration tends to obscure the received information and higher order of FEC is required to improve system performance in this state. Compared to the results shown in Fig. 3, since P_w strongly depend on σ_R^2 , we must design threshold or transition point based on three relevant parameter, AFD, threshold probability and σ_R^2 .

IV. Conclusion

We analyzed the method for determining transition state of satellite-based direct-sequence spread-slotted ALOHA (SSA) by means of error probability, taking into account the effect of correlated short-term and long-term fading. This work demonstrates the possibility of using a decision approach to define exist state.

Improved the efficiency of SSA system can be achieved with several methods such as by properly selecting spreading codes since its efficiency lies in the full exploitation of the correlation properties of the spreading code as in the general synchronous CDMA scheme, and by designing properly protocol which has efficient access on the uplink and downlink. For instance, the protocol learnt the information of channel status from uplink channel and responded the proper command for activity, which was conveyed to the mobiles or ground stations through the broadcast channel on the downlink.

An enhanced protocol with status-detect feature is required to mitigate the effect of noise and interference when system channel suffers in performance due to impaired environment or "bad state". To cope with bad state effect, the traditional algorithm use back-off policy and retransmission scheme.

To define proper transition state, protocol need to have capability to evaluate the relation of three parameters, AFD, threshold probability and σ_R^2 . As can be seen from the results, trade-off between AFD and threshold probability can be used as decision parameter together with the profile of signal envelope and fading for design purpose.

A simplified analysis was carried out to show the effect of multiple-user interference and envelope fading on the performance of SSA channel. Extension of the current analysis of the enhanced protocol to lessen channel degradation is left for future investigation.

Reference

- [1] Andrew J. Viterbi, "Principles of spread spectrum communication," Addison-Wesley, 1995.
- [2] Jonathan P. Castro, "Statistic observation of data transmission over Land Mobile Satellite Channels," *IEEE J. Select Area Comm.* October 1992.
- [3] Michael B. Pursley, "Performance evaluation for phase-coded spread-spectrum multiple-access communication-Part I: System Analysis," *IEEE Trans. Commun.*, August 1977.
- [4] S.O.Rice, "Statistical properties of a sine wave plus random noise," *Bell Syst.*, vol. 27, Jan 1948
- [5] Petr Beckmann, "Probability in communication engineering," *Harcourt, Brace&World* 1967.
- [6] Michel D. Yacoub, "Foundation of mobile radio Engineering," *CRC Press*, 1993
- [7] E.Lutz, D. Cygan, M. Dippold, F. Dolainsky, W. Papke, "The land mobile satellite Communication Channel-Recording, statistics, and Channel Model," *IEEE Trans. on Vehicular*, vol 40, May 1991.
- [8] C. Loo, "A Statistical Model for a land mobile satellite Link," *IEEE Trans. on Vehicular*, vol vt-34, August 1985
- [9] F. Davarain, "Fade Margin Calculation for Channels Impaired by Rician Fading," *IEEE Trans. on Vehicular*, vol vt-34, no.1 February 1985.



ISSN 0125-1724

วิศวกรรม

80

ลาดกระบัง

คณ-วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

LADKRABANG ENGINEERING JOURNAL

ปีที่ 14 ฉบับที่ 2

มิถุนายน 2541

1. การออกแบบการใช้งานช่องสัญญาณควมเทียมของควมเทียมไทยคม 1 1
อัญชลา ภาศรีมินทร์ กัลยา จันทร์ชานา สุวิพล สิทธิชีวภาค
2. หลักการออกแบบคอนเวอร์เตอร์ SEPIC เพื่อแก้ไขเพาเวอร์แฟกเตอร์ในโหมดการนำกระแสไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง 11
บุญเลิศ มัดศิริ นนทวัฒน์ จุลเดชะ
3. การทดสอบการลดเสียงของอุปกรณ์ลดเสียงแบบ Helmholtz 24
อัศวเดช สินธุภักดิ์ ปราโมทย์ เรืองฤทธิ์
4. เครื่องวัดความต้านทานดิน 31
วิญญู แสงสินกสิกิจ มณฑล สิลาจินดาไกรฤกษ์
5. การประยุกต์ใช้วงจรแปลงกระแสไฟสลับที่ใช้หลักการเรโซแนนท์กับอิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์ 38
วิเชียร เต็มอนุภาทกุล วัลลภ สุระกำพลธร
6. การสร้างตัวควบคุม PIDA สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงแบบแยกตัวกระตุ้น 49
วิทยา ทิพย์สุวรรณพร สุพรรณ กุลพานิชย์ เกียรติอนันต์ สุขชู
7. การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน โดยใช้สเตปป์มอเตอร์เป็นกรณีศึกษา 58
ไสว เหล็กไม้ วิศรุต ศรีรัตนะ ประภาษ อุดคกิมพันธ์ กิตติ ตีระเศรษฐ์
8. วงจรผลิตสัญญาณอย่างง่ายโดยการประมาณสัญญาณไซน์จากสัญญาณสามเหลี่ยม 66
วินัย ศิลารวม จริยา เลิศจรสิทธิ์ วิภา แสงพิสิทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบการใช้งานช่องสัญญาณดาวเทียมของ ดาวเทียมไทยคม 1

Design of available satellite channel of Thaicom 1.

อัญชลรา ราศรีมินทร์^{*}

กัลยา จันทร์ชานนา^{**}

รศ.ดร. สุวิพล สิริชีวะภาค^{***}

ภาควิชาโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการและขั้นตอนการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของระบบ ที่เหมาะสมต่อการเชื่อมต่อกับตัวกลางดาวเทียม และได้เสนอตัวอย่างการใช้ช่องสัญญาณดาวเทียม โดยการออกแบบระบบหรือโครงข่ายที่มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน สามารถใช้งานช่องสัญญาณดาวเทียมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการออกแบบระบบหรือโครงข่ายนี้เป็นเครือข่ายสวิตซ์แบบ SCPC/DAMA ค่าพารามิเตอร์ของระบบที่ได้จากการคำนวณพิจารณาที่จุดทำงานในสภาวะที่เหมาะสม เพื่อคำนวณหาค่าที่สามารถใช้งานกับช่องสัญญาณดาวเทียมอย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ผลจะใช้การเปรียบเทียบค่า Eb/No ที่สภาวะของสัญญาณต่างๆ และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของดาวเทียมที่ใช้ในการคำนวณเป็นค่าพารามิเตอร์ของดาวเทียมไทยคม

Abstract

In this paper present a method and calculation of appreciate system parameter of the connectivity between satellite. We examine a using channel satellite by designing system or uncomplex network that can work with satellite channel essentially. The designed system or network is SCPC/DAMA switching network. The system parameters that calculate a value from nodes in appreciate time which can work with channel satellite essentially. The analysis results are compared between Eb/No at various kind of signals and different satellite parameters which are used for evaluation on Thaicom Satellite parameter.

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางการสื่อสารผ่านดาวเทียมเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยนั้นได้มีดาวเทียมเป็นของตนเอง ดัง

นั้นการสื่อสารภายในประเทศจึงหันมาใช้ดาวเทียมภายในประเทศเป็นส่วนใหญ่ แต่ผู้ใช้บริการมักจะใช้รูปแบบของโครงข่ายหรือระบบดาวเทียม ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ส่งสัญญาณดาวเทียม และระบบของการเข้าใช้ช่องสัญญาณ

^{*} นักศึกษาทดลองเรียน (ปริญญาโท)

^{**} นักศึกษาปริญญาโท

^{***} อาจารย์ที่ปรึกษา

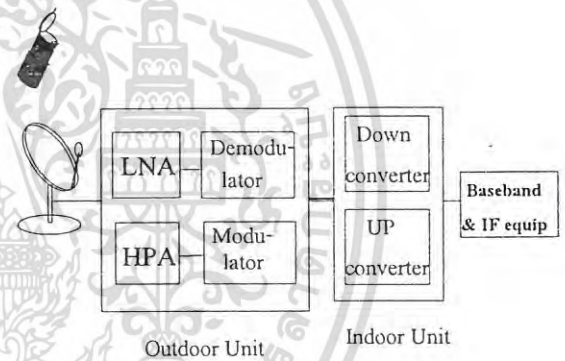
ดาวเทียม ตามที่ผู้ให้บริการระบบดาวเทียมเป็นผู้กำหนดให้ เนื่องจากความเข้าใจว่า การใช้งานดาวเทียมและการออกแบบการใช้งานดังกล่าวเป็นเรื่องที่ซับซ้อนและไม่สะดวกในการศึกษา แต่แท้จริงแล้วการออกแบบระบบโดยรวมสำหรับการใช้ตัวกลางดาวเทียม และรูปแบบของการคำนวณสามารถค้นคว้าได้โดยไม่ยากเกินกว่าที่ผู้ใช้บริการเข้าใจ[1],[2]

บทความนี้นำเสนอตัวอย่างการออกแบบการใช้งานช่องสัญญาณดาวเทียม รวมทั้งการวิเคราะห์หาจุดทำงานที่เหมาะสม โดยจะแสดงตัวอย่างวิธีการและขั้นตอนการคำนวณระบบดาวเทียมที่มีลักษณะเป็นสวิตซ์ที่มีโครงสร้างหลักคือ Single Channel per Carrier/Demand Assign Multiple Access (SCPC/DAMA) และ ผู้ใช้ (user) สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณใดๆ ที่ว่างอยู่ได้ตลอดเวลา ข้อมูลที่เป็นเสียง (โทรศัพท์) ซึ่งเป็นสัญญาณแอนะล็อก โดยทั่วไปจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลที่อัตราเร็วของการส่งข้อมูล 64 kbps โดยกรรมวิธีที่เรียกว่า PCM (Pulse Code Modulation) แต่ในที่นี้เราต้องการประหยัดแบนด์วิดท์ (Bandwidth) ของดาวเทียม อีกทั้งสัญญาณเสียงถึงจะมีคุณภาพไม่ด็นัก เราก็ยังสามารถเข้าใจได้ ในที่นี้จึงใช้การเข้ารหัสสัญญาณด้วยกรรมวิธีแบบมีอัตราเร็วของการส่งข้อมูลทำให้เหลืออัตราการส่งข้อมูลเพียง 8 kbps โดยกำหนดปริมาณของทราฟฟิก (Traffic Intensity) ตามค่าที่ใช้งานจริง และได้มีการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่จำเป็นที่สุดทำงานที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานดาวเทียม พารามิเตอร์ดังกล่าว เช่น ค่ากำลังงาน ขนาดของแบนด์วิดท์ รวมทั้งอุปกรณ์ภายในสถานีภาคพื้นดิน รวมทั้งแสดงการวิเคราะห์ผลโดยใช้ค่า Eb/No เป็นพารามิเตอร์หลักในการพิจารณาประสิทธิภาพ (performance) ของแต่ละช่องสัญญาณที่สภาวะต่างๆ กัน

2. โครงข่าย ายไพรเวท(Private) สวิทซ์ ึ่งระบบ SCPC/DAMA

โครงข่ายการสื่อสารผ่านดาวเทียมจะประกอบด้วยสถานีภาคพื้นดิน และสถานีดาวเทียม ในการติดต่อสื่อสารนั้นสถานีภาคพื้นดินเป็นส่วนสำคัญมากในการติดต่อสื่อสาร สถานีภาคพื้นดิน (VSAT : Very Small Aperture Terminal) โดยทั่วไปประกอบไปด้วยอุปกรณ์ภายนอก (ODU:Outdoor unit)

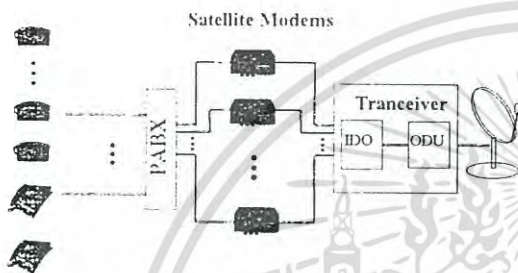
สำหรับติดต่อสื่อสารกับดาวเทียมซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ภาครับคือ LNA (Low Noise Amplifier) และ Demodulator อุปกรณ์ภาคส่งคือ HPA (High Power Amplifier) และ Modulator รวมทั้งงานสายอากาศด้วย กับ อุปกรณ์ภายใน (IDU:Indoor Unit) สำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ของผู้ใช้ ซึ่งประกอบด้วย UP-Down Converter ดังรูปที่ 1 สถานีภาคพื้นดินซึ่งเป็นสถานีรับ-ส่ง สัญญาณที่สามารถทำการรับ-ส่งสัญญาณดาวเทียมได้ด้วยงานสายอากาศขนาดเล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.4 เมตร และดาวเทียมที่ใช้เป็นดาวเทียมไทยคม ซึ่งมีพื้นที่ให้บริการครอบคลุมในประเทศไทย และประเทศเพื่อนบ้านใกล้เคียง โดยมีช่องสัญญาณย่านความถี่ C-Band จำนวน 10 ทรานสพอนเดอร์ (Transponders) และความถี่ Ku-Band จำนวน 2 ทรานสพอนเดอร์ ซึ่งถืออำนาจต่อการส่งสัญญาณข้อมูลภายในประเทศ จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการติดต่อสื่อสาร



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของสถานีภาคพื้นดิน

สำหรับโครงข่ายการสื่อสารมีลักษณะเป็นสวิตซ์ที่มีโครงสร้างหลัก คือ SCPC/DAMA หมายถึงการใช้หนึ่งช่องสัญญาณกับหนึ่งคลื่นพาห้ (Carrier) หนึ่งช่องสัญญาณจะต้องมีคลื่นพาห้ขาเข้าและขาออก ในการส่งสัญญาณจากสถานีหนึ่งไปอีกสถานีหนึ่ง จะต้องผ่านสถานีควบคุมก่อน ซึ่งสถานีควบคุมจะเป็นตัวกำหนดช่องสัญญาณที่ใช้ ว่าช่องสัญญาณที่ใช้จะมีความถี่เท่าใด ระหว่างสถานีรับและสถานีส่ง สถานีทั้ง 2 จึงจะสามารถติดต่อถึงกันได้ และในการส่งสัญญาณจาก

สถานีหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่ง ผู้ใช้สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณใดๆ ที่ว่างอยู่ได้ตลอดเวลา โดยจะไม่มีการจองช่องสัญญาณไว้ล่วงหน้า ซึ่งเป็นการใช้ช่องสัญญาณดาวเทียมอย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่จำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดจะขึ้นอยู่กับปริมาณความหนาแน่นของทราฟฟิก หรือปริมาณความต้องการในการใช้งานของแต่ละสถานี ซึ่งจะได้นำไปทำการคำนวณหาขนาดของแบนด์วิดท์ที่ต้องการใช้งานในขั้นตอนต่อไป แต่ละสถานีสามารถติดต่อกับดาวเทียมได้โดยตรง โดยมีอุปกรณ์ภายในสถานี ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 อุปกรณ์ในสถานีวีวีแซท(VSAT)

สมมติให้สถานีภาคพื้นดินมีทั้งหมด 4 สถานี คือ สถานีกรุงเทพฯ, สถานีจังหวัดเชียงใหม่, สถานีจังหวัดภูเก็ต และสถานีจังหวัดปราจีนบุรี แต่ละสถานีจะมีคุณลักษณะของสัญญาณแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของสัญญาณที่ได้รับจากดาวเทียมไทยคม 1 ที่สถานีต่างๆ

สถานี	EIRP(dB)	G/T(dB/K)	SFD(dB/m ²)
กรุงเทพฯ	38	6.0	-86.0
เชียงใหม่	38	3.5	-83.5
ภูเก็ต	37	3.5	-83.5
ปราจีนบุรี	38	5.7	-85.7

ให้สถานีกรุงเทพฯ มีค่าปริมาณของทราฟฟิก ต่อ 1 ช่องสัญญาณโทรศัพท์ (Subscriber) เท่ากับ 0.012 erl ใน 1 วินาที และสมมติให้ภายในสถานีกรุงเทพฯมีจำนวนโทรศัพท์ที่ใช้งานทั้งหมด 40 เครื่อง จะได้ปริมาณของทราฟฟิกทั้งหมดเป็น

$$0.012 \times 40 = 0.48 \text{ erl ใน 1 วินาที}$$

และถ้ากำหนดให้ระดับการให้บริการ (grade of service) เท่ากับ 0.01 หรือ 1% จากนั้นนำค่าเหล่านี้มาคำนวณหาจำนวนช่องสัญญาณที่ต้องการในการใช้งาน จากสมการคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่ การเรีย ขกจะถู กบ ลี อ ก (Blocking Probability)[3],[4] ดังสมการที่ (2.1)

$$P_n = B_{(n,a)} = \frac{a^n / n!}{\sum_{k=0}^n a^k / k!} \quad (2.1)$$

โดยที่:

n = จำนวนช่องสัญญาณ (Channel)

a = ปริมาณของทราฟฟิก

k = 0,1,2,...,n

B(n,a) = Erlang B Formular

ซึ่งจะได้จำนวนช่องสัญญาณเท่ากับ 3 ช่องสัญญาณ ดังนั้นที่สถานีกรุงเทพฯ มีจำนวนช่องสัญญาณขาออกเท่ากับ 3 ช่องสัญญาณ ทำให้จำนวนช่องสัญญาณที่ใช้ทั้งหมดจากสถานีกรุงเทพฯ ไปยังสถานีจังหวัดเชียงใหม่, สถานีจังหวัดภูเก็ต และสถานีจังหวัดปราจีนบุรีเท่ากับ 9 ช่องสัญญาณ (18 คลื่นพาห์) เพื่อความสะดวกในการคำนวณกำหนดให้ที่สถานีจังหวัดเชียงใหม่, สถานีจังหวัดภูเก็ต และสถานีจังหวัดปราจีนบุรี มีค่าปริมาณของทราฟฟิก และจำนวนโทรศัพท์ เท่ากับสถานีกรุงเทพฯ ดังนั้น จำนวนช่องสัญญาณที่ใช้ในสถานีจังหวัดเชียงใหม่, สถานีจังหวัดภูเก็ต และสถานีจังหวัดปราจีนบุรี มีจำนวนช่องสัญญาณ สถานีละ ๑ ช่องสัญญาณ เท่ากัน

ดังนั้นจะได้จำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดที่สถานีทั้ง 4 สถานีสามารถใช้งานได้เท่ากับ 18 ช่องสัญญาณ จะได้จำนวนคลื่นพาห์ ทั้งขาขึ้นและขาลงเท่ากับ 36 คลื่นพาห์ โดยข้อมูลเสียงในที่นี้ส่งด้วยอัตราเร็วของการส่งข้อมูลเท่ากับ 8 kbps เราจะสามารถคำนวณได้ว่าใน 1 ช่องสัญญาณจะใช้แบนด์วิดท์

คำนวณได้จากสมการที่ 2.2 จากนั้นจะได้ค่าความกว้างของแบนด์วิดท์ที่ได้รับการจัดสรร (Allocated Bandwidth) รวมทั้ง Guard Band ซึ่งนำค่าที่ได้มาคำนวณหาความเข้มกำลังงานต่อพื้นที่ที่จุดทำงานของดาวเทียม (OFD : Operating Flux Density) และค่ากำลังงานสูงสุดที่จุดทำงานของดาวเทียม (EIRP)_{max} จากนั้นหาขนาดของจานสายอากาศ (Antenna size) ที่เหมาะสม และนำค่าที่ได้มาหาขนาดของกำลังส่ง (HPA) และ (EIRP)_{up} จากสมการที่ 3.1 แล้วนำค่า (EIRP)_{up} และ (EIRP)_{max} มาเปรียบเทียบกับ ซึ่งค่า (EIRP)_{up} จะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ (EIRP)_{max} หลังจากนั้นนำค่า (EIRP)_{up} ที่ได้นำมาคำนวณหา (C/N)_{up} จากสมการที่ 3.2 และนำค่า (EIRP)_{down} ที่ได้รับจากดาวเทียม มาคำนวณหา (C/N)_{down} จากสมการที่ 3.3 เมื่อได้ค่าทั้งสองแล้ว นำค่าทั้งสองมาหา Eb/No จากสมการที่ 3.5 จากนั้นจึงคำนวณหา Margin โดยใช้ค่า Eb/No ที่คำนวณได้ และค่า Eb/No range ที่เหมาะสม ซึ่งค่า Margin ที่ใช้ได้จะกำหนดให้อยู่ในช่วง 2 ± 0.3 โดยที่ค่า Margin จะขึ้นอยู่กับระบบนั้นๆ

$$EIRP_{up} = P_T G_T \quad (3.1)$$

โดยที่;

$EIRP_{up}$ = ค่ากำลังงานสูงสุดที่เอาท์พุทของดาวเทียม

เมื่อแอมพลิฟายเออร์ทำงานที่จุดอิ่มตัว

P_T = ขนาดของกำลังส่ง (Carrier Power At Antenna)

G_T = เกน (Gain) ของจานสายอากาศ

$$\begin{aligned} \left(\frac{C}{N}\right)_{up} &= EIRP_{L_{atd}} \text{ (dBW)} - 20 \log \left(\frac{4\pi f_c d_u}{c} \right) \\ &+ \left(\frac{G_u}{T_u} \right) - 10 \log k - 10 \log B \\ &- B_o_i \text{ (dB)} - L \text{ (dB)} \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{C}{N}\right)_d &= EIRP_{sat} \text{ (dB)} - 20 \log \left(\frac{4\pi f_c d_d}{c} \right) \\ &+ \left(\frac{G_d}{T_d} \right) \text{ (dB / K)} - 10 \log k \\ &- 10 \log B - B_o_o \text{ (dB)} - L' \text{ (dB)} \end{aligned} \quad (3.3)$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{total} = \left[\left(\frac{C}{N}\right)_u^{-1} + \left(\frac{C}{N}\right)_d^{-1} \right]^{-1} \quad (3.4)$$

$$\frac{E_b}{N_o} = \left(\frac{C}{N}\right)_{total} \times T_b B \quad (3.5)$$

(note : โดยค่า bit duration (T_b) - แบนด์วิดท์ของเครื่องรับ (B) ของสัญญาณที่เป็น ideal PSK จะมีค่า $T_b B = 1$ ซึ่งจะทำให้ได้ค่า $C/N = E_b/N_o$)

f_u = ความถี่ของคลื่นพาห้จากพื้นโลกไปยังดาวเทียม (Uplink)

d_u = ระยะทางในการส่งจากพื้นโลกไปยังดาวเทียม (Uplink)

f_d = ความถี่ของคลื่นพาห้จากดาวเทียมมายังพื้นโลก (Downlink)

d_d = ระยะทางในการส่งจากพื้นโลกไปยังดาวเทียม (Downlink)

c = ความเร็วแสง = 2.997925×10^8 m/s

$\left(\frac{G_u}{T_u}\right)$ = อัตราส่วนระหว่าง Gain ต่อ noise temperature (Uplink)

$\left(\frac{G_d}{T_d}\right)$ = อัตราส่วนระหว่าง Gain ต่อ noise temperature (Downlink)

$$\frac{G}{T} = L_s L_r (Y - 1) \frac{8pk}{S^2} \quad (3.6)$$

T = สัญญาณรบกวนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (noise temperature)

L_r = การลดทอนเมื่อคลื่นถูกส่งผ่านชั้นบรรยากาศซึ่งเกิดจากการดูดกลืนพลังงานโดยออกซิเจนและไอน้ำ

L_s = ค่า correction factor ที่เกิดจากการ refract ของคลื่น

Y = ค่าอัตราส่วนระหว่างกำลังของสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการ refract ของคลื่น กับกำลังของสัญญาณรบกวน background โดยเทียบกับบีม (beam) ที่รับมาได้ โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Y = \frac{T + T_{star}}{T} \quad (3.7)$$

T_{star} = effective noise temperature จากการ refract ของคลื่น

S = ค่าความหนาแน่นฟลักซ์ (flux density)

k = ค่าคงที่ของ Boltzmann = 1.38×10^{-23} J/k

λ = ความยาวคลื่น

B = Noise Bandwidth ของเครื่องรับบนดาวเทียม

BO_i = ค่า input back off

BO_o = ค่า output back off

L = ผลรวมของค่าลดทอนของคลื่นอันเนื่องมาจาก antenna tracking และค่าลดทอนของคลื่นเมื่อถูกส่งผ่านบรรยากาศจากพื้นโลกไปยังดาวเทียม

L' = ผลรวมของค่าลดทอนของคลื่นอันเนื่องมาจาก antenna tracking และค่าลดทอนของคลื่นเมื่อถูกส่งผ่านบรรยากาศจากดาวเทียมมายังโลก

T_b = ค่า bit duration ของการ modulate แบบ PSK

B = แบนด์วิดท์ของเครื่องรับ

สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นพารามิเตอร์ของดาวเทียม

ไทยคม มีค่าดังต่อไปนี้

ดาวเทียมไทยคม 1 ในย่าน C-band

Band width = 36 MHz

Uplink frequency = 6.175 GHz

Downlink frequency = 3.96 GHz

d_e, d_r = 36528.03 km

(note : d_e, d_r ของแต่ละสถานีจะมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากมีความสูงจากระดับน้ำทะเลต่างกัน แต่ที่ไม่คำนึงถึงเพราะเป็นค่าที่น้อยมากเมื่อเทียบกับระยะทางจากโลกไปยังดาวเทียม)

Back off input = 4 dB

Back off output = 3.5 dB

และพารามิเตอร์อื่นๆ ได้จากตารางที่ 1

การคำนวณหาค่าของการส่งสัญญาณซึ่งคำนวณตามแผนผังในรูปที่ 3 โดยกำหนดให้ทุกๆ สถานีที่ทำการส่งสัญญาณมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการคำนวณ

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
อัตราเร็วของการส่งข้อมูล	8.0 Kbps
ความกว้างของแถบสัญญาณ	10.8 KHz
ความกว้างของแถบสัญญาณที่ใช้	15.0 KHz
Guard Band	38.93 %
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจานสายอากาศ	1.9 เมตร

3.1 ผลที่ได้จากการคำนวณ

ในการส่งสัญญาณจากสถานีกรุงเทพฯ ไปยังสถานีปลายทางจังหวัดเชียงใหม่, จังหวัดภูเก็ต และจังหวัดปราจีนบุรี จะได้พารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณในการส่งสัญญาณที่สถานีกรุงเทพฯ ไปยังสถานีปลายทางต่างๆ

พารามิเตอร์	กรุงเทพฯไปเชียงใหม่	กรุงเทพฯไปภูเก็ต	กรุงเทพฯไปปราจีนบุรี
ขนาดกำลังส่ง(HPA)(watt)	0.40	0.50	0.40
(EIRP)max(dB)	31.80	32.77	31.80
(EIRP)up(dB)	30.44	30.44	30.44
OFD(Operating flux density) (dB/m ²)	-130.55	-129.58	-130.55
(C/N)up(dB)	26.45	27.42	26.45
(C/N)down(dB)	8.68	8.65	8.68
(C/N)total(dB)	7.72	7.70	7.72
Eb/No(dBW/Hz)	9.02	9.01	9.02
Margin(dB)	2.02	2.01	2.02

การส่งสัญญาณจากสถานีจังหวัดเชียงใหม่ ไปยังสถานีปลายทางกรุงเทพฯ,จังหวัดภูเก็ต และจังหวัดปราจีนบุรี จะได้พารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณในการส่งสัญญาณที่สถานีจังหวัดเชียงใหม่ ไปยังสถานีปลายทางต่างๆ

พารามิเตอร์	เชียงใหม่ไปกรุงเทพฯ	เชียงใหม่ไปภูเก็ต	เชียงใหม่ไปปราจีนบุรี
ขนาดกำลังส่ง(HPA)(watt)	0.65	0.87	0.70
(EIRP)max(dB)	33.96	35.17	34.23
(EIRP)up(dB)	32.94	32.97	32.94
OFD(Operating flux density) (dB/m ²)	-128.44	-127.17	-128.12
(C/N)up(dB)	26.06	27.32	26.38
(C/N)down(dB)	8.29	8.55	8.61
(C/N)total(dB)	7.61	7.63	7.66
Eb/No(dBW/Hz)	8.91	8.93	8.96
Margin(dB)	1.91	1.93	1.96

การส่งสัญญาณจากสถานีจังหวัดภูเก็ตไปยังสถานีปลายทางกรุงเทพฯ,จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดปราจีนบุรี จะได้พารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณดังตารางที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณในการส่งสัญญาณที่สถานีจังหวัดภูเก็ต ไปยังสถานีปลายทางต่างๆ

พารามิเตอร์	กรุงเทพฯ	เชียงใหม่	ปราจีนบุรี
ขนาดกำลังส่ง(HPA)(watt)	0.66	0.66	0.70
(EIRP)max(dB)	33.97	33.97	34.23
(EIRP)up(dB)	32.97	32.97	32.94
OFD(Operating flux density) (dB/m ²)	-128.37	-128.37	-128.12
(C/N)up(dB)	26.12	26.12	26.38
(C/N)down(dB)	8.35	8.35	8.61
(C/N)total(dB)	7.67	7.67	7.66
Eb/No(dBW/Hz)	8.98	8.98	8.96
Margin(dB)	1.98	1.98	1.96

การส่งสัญญาณจากสถานีจังหวัดปราจีนบุรีไปยังสถานีปลายทางกรุงเทพฯ, จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดภูเก็ต จะได้พารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณดังตารางที่ 6

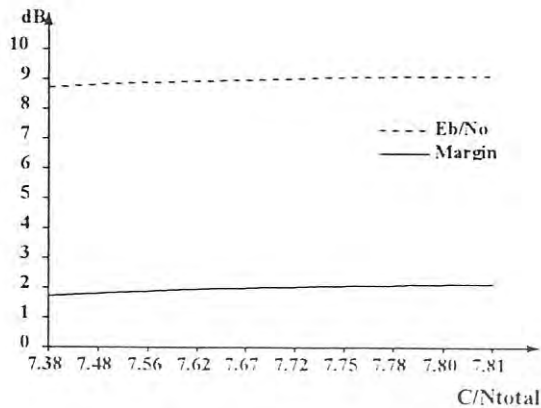
ตารางที่ 6 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณในการส่งสัญญาณที่สถานีปราจีนบุรี ไปยังสถานีปลายทางต่างๆ

พารามิเตอร์	กรุงเทพฯ	เชียงใหม่	ภูเก็ต
ขนาดกำลังส่ง(HPA)(watt)	0.40	0.40	0.50
(EIRP)max(dB)	31.80	31.80	32.77
(EIRP)up(dB)	30.74	30.74	30.74
OFD(operating flux density) (dB/m ²)	-130.55	-130.55	-1129.58
(C/N)up(dB)	26.15	26.15	27.12
(C/N)down(dB)	8.38	8.38	8.35
(C/N)total(dB)	7.70	7.70	7.77
Eb/No(dBW/Hz)	9.00	9.00	9.07
Margin(dB)	2.00	2.00	2.07

3.2. การวิเคราะห์ผลการคำนวณ

เนื่องจากสัญญาณรบกวนหรือการรบกวนกำลังของสัญญาณที่เกิดขึ้นมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ ดังนั้นการออกแบบจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยภายนอกอันเนื่องมาจากสภาวะแวดล้อม เช่น สภาพภูมิอากาศ, ระยะทาง เป็นต้น รวมทั้งอุปกรณ์ภายในของระบบก็คือนำมาพิจารณาด้วยเช่นกัน โดยประสิทธิภาพของระบบนั้นสามารถ

ดูได้จากค่า C/N หรือ Eb/No คือก่าค่า C/N หรือ Eb/No มีค่าสูงๆ แสดงว่าสัญญาณมีคุณภาพดี เพราะค่านี้เป็นค่าที่เทียบกับสัญญาณรบกวนของระบบ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังกราฟในรูปที่ 4



รูปที่ 4 กราฟแสดงผลกระทบของสัญญาณรบกวนต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ

ผลจากกราฟพบว่าค่า E_b/N_0 จะแปรผันตามค่า C/N_{total} รวมทั้งค่า Margin ด้วย ทั้งนี้เพราะค่า E_b/N_0 และค่า C/N เป็นค่าของสัญญาณที่เทียบกับสัญญาณรบกวน ซึ่งมีค่าสูงขึ้น Margin ของระบบก็สูงขึ้นด้วย

ดังนั้นในการใช้งาน สัญญาณรบกวน หรือค่าลดทอนของสัญญาณในกรณีต่างๆ จึงเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึง เพราะจะเป็นผลทำให้ขนาดของสัญญาณต่ำลง (ค่า C/N หรือ E_b/N_0 จะน้อยลง) ซึ่งประสิทธิภาพของระบบก็จะลดลงด้วย ยกตัวอย่างเช่น กรณีที่ดาวเทียมอยู่ในสภาวะที่ใกล้กับจันทรคติ หรือการจัดสรรความถี่ระหว่างดาวเทียมที่ใกล้เคียง ยังไม่เหมาะสมเพียงพอ รวมทั้งสัญญาณรบกวนที่อาจจะเกิดขึ้นจากระบบไมโครพลาสมาพื้นดิน หรือ สัญญาณรบกวนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ประสิทธิภาพของระบบมีค่าสูงสุด

4. บทสรุป

จากระบบที่ได้เลือกนำมาใช้ในการออกแบบ และขั้นตอนในการคำนวณตามที่แสดงในแผนผังรูปที่ 3 นี้ จะเห็นได้ว่าเป็นเรื่องที่ไม่ซับซ้อนและยากจนเกินไปนักสำหรับผู้ให้บริการหรือผู้ที่สนใจ ที่จะทำความเข้าใจการทำงานของระบบดาวเทียม และนอกจากนี้ยังสามารถนำไปเป็นแนวทางที่ถ่อง

ตันในการคำนวณและการออกแบบโครงข่ายขนาดเล็ก หรือ การศึกษาในรายละเอียดขั้นสูงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแผนก System Engineering Department บริษัทชินวิตรเทคโนโลยี จำกัด ที่ให้ข้อมูลต่างๆ ประกอบการเขียนบทความ ผศ.ดร. สุวิพล สิริชิวภาค และคุณเสวี อิศวรักษ์ ที่ช่วยดูแลและแนะนำแหล่งข้อมูลพร้อมทั้งให้คำปรึกษาทางบทความนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุวิพล สิริชิวภาค, "กระบวนการโฟลคอนโทรลในกระบวนการสื่อสารแบบ VSAT ของ ETS.V" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมโทรคมนาคม ครั้งที่ 18, 1995.
- [2] เสวี อิศวรักษ์, "การวิเคราะห์ระบบดาวเทียมเพื่อการออกแบบโครงข่ายวีแซท" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมโทรคมนาคม ครั้งที่ 18, 1995.
- [3] Tri T. Ha, "Digital Satellite Communications", McGraw-Hill, Singapore, 1990.
- [4] V.K.Bhargava, D. Haccoun, R.Matyas, P.P.Nuspl, "Digital Communication by Satellite", Malabarnia, Florida, 1991.
- [5] G.Maral, M.Bousquet, "Satellite Communication System" John Wiley & Sons, England, 1993.
- [6] Timoty Pratt and Charles W.Bostian, "Satellite Communication", John Wiley & Sons, America, 1986.

การวิเคราะห์ผลของระเบียบการเข้าถึงแบบสุ่มสำหรับ ATM ไร้สายโดยวิธีสล็อตอะโลฮา

Analysis of Random Access Protocol in Wireless ATM Environment by Slotted Aloha

เอกพล ไกรธรรม กัลยา จันทร์ชานา เสรี อัสวรักษ์ สุวิพล ลิทธิชีวกาก
คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการสร้างแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์สมรรถนะในการเข้าถึงสถานีฐานของเทอร์มินอลในโครงข่าย ATM ไร้สายที่ใช้ระเบียบการเข้าถึงแบบสุ่มด้วยวิธีสล็อตอะโลฮา ซึ่งจุดประสงค์ของแบบจำลองนี้ก็คือการที่จะสามารถพัฒนาเป็นโมดูลที่เชื่อมต่อกับโมดูลของโครงข่าย ATM แบบใช้สายได้ โดยสะดวกสำหรับการจำลองระบบโครงข่าย ATM แบบผสม โดยพฤติกรรมของระบบ ATM ไร้สายจะแทนด้วยการจำลองการไหลของเซลล์ ATM ไร้สายที่ไม่ซับซ้อน พารามิเตอร์ต่างๆสำหรับการพิจารณาสมรรถนะได้จากการคำนวณที่สภาวะสมดุลย์ การวิเคราะห์สมรรถนะพิจารณาจากค่าหนึ่งเวลาและทรูพุทซึ่งได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Abstract

This paper proposes a system modeling and performance analysis of terminal-base multi-access scheme using slotted Aloha random access protocol in wireless ATM network. Its main purpose is to use this model as a module for simulating of mixed ATM network model. The model which developed here is an ordinary model that employs a simple flow diagram to represent the system behavior at equilibrium point. Final results are expressed in terms of general performance measures such as average delay and throughput. Results obtained by mathematical model calculation.

1 บทนำ

ATM ไร้สายหรือ WATM (Wireless Asynchronous Transfer Mode) นั้นได้รับการพัฒนาขึ้นมาโดยแนวความคิดที่จะใช้ประโยชน์จากการรวมข้อดีของระบบ ATM และการสื่อสารแบบไร้สายเข้าด้วยกัน ซึ่งวิธีที่เหมาะสมในการเข้าถึงสำหรับกรณีที่ว่าสารมีการเกิดขึ้นแบบไม่แน่นอนก็คือวิธีการเข้าถึงแบบสุ่มนั่นเอง เมื่อพิจารณาแล้วจะ

เห็นว่าวิธีสล็อตอะโลฮามีความเหมาะสมสำหรับ WATM ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

วิธีสล็อตอะโลฮาจะมีทฤษฎีที่สูงกว่าวิธีอะโลฮาถึง 2 เท่า และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี CSMA ซึ่งมีค่าทรูพุทที่สูงกว่าเมื่อใช้กับโครงข่ายที่ใช้สายส่ง แต่เมื่อนำมาใช้กับระบบการสื่อสารแบบไร้สายแล้วจะทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ขึ้น [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในบทความนี้จะได้ทำการเสนอกรรมวิธีในการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮา แบบจำลองของระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์รวมทั้งโมเดลทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนการวิเคราะห์ผลเมื่อนำการเข้าถึงโดยวิธีนี้มาใช้กับ WATM

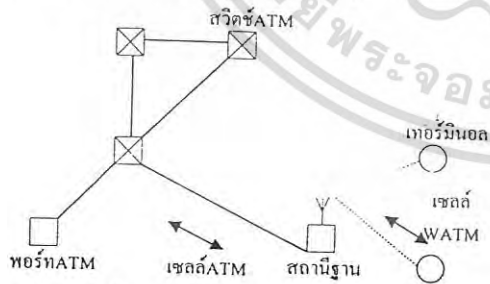
2 การเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮาสำหรับ WATM

ในการวิเคราะห์ผลของการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮาสำหรับ WATM มีประเด็นสำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณา คือ

1. แบบจำลองของระบบ WATM ที่ใช้ในการวิเคราะห์
2. รูปแบบของเซลล์ WATM (WATM Cell Format)
3. กรรมวิธีในการเข้าถึงสถานีฐานของเทอร์มินอล
4. โมเดลทางคณิตศาสตร์

2.1 แบบจำลองของระบบ WATM ที่ใช้ในการวิเคราะห์

โครงข่าย WATM นั้นจะเชื่อมต่อกับโครงข่าย ATM ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยการสื่อสารระหว่างสถานีฐานกับเทอร์มินอลจะใช้คลื่นวิทยุการส่งข่าวสารจากสถานีฐานมายังเทอร์มินอลจะใช้วิธีการกระจายสัญญาณ (Broadcast) ส่วนการส่งข่าวสารจากเทอร์มินอลมายังสถานีฐานจะใช้การเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮา โดยเซลล์ที่ส่งระหว่างเทอร์มินอลกับสถานีฐานจะเป็นเซลล์ WATM (WATM Cell) ในขณะที่เซลล์ที่ส่งระหว่างสถานีฐานกับโครงข่าย ATM นั้นจะเป็นเซลล์ ATM (ATM Cell)



รูปที่ 1 การเชื่อมต่อระหว่างโครงข่าย WATM กับโครงข่าย ATM

แบบจำลองของระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลของการเข้าถึงสถานีฐานของเทอร์มินอลนั้นจะประกอบไปด้วย 1 สถานีฐานกับ N เทอร์มินอล ซึ่งตั้งอยู่ที่ห่างจากสถานีฐานเป็นระยะทาง d เมตร โดยแต่ละเทอร์มินอลจะเป็นได้ 2 สถานะคือ ริงก์กิง (Thinking) หรือ บล็อก (Blocked) ในกรณีริงก์กิงนั้นเทอร์มินอลจะทำการส่งเซลล์ที่สร้างขึ้น

ใหม่ ด้วยการกระจายแบบปัวซอง ที่มีค่าเฉลี่ย $\alpha \ll 1$ เซลล์ / สล็อต โดยจะมีความสัมพันธ์ดังนี้

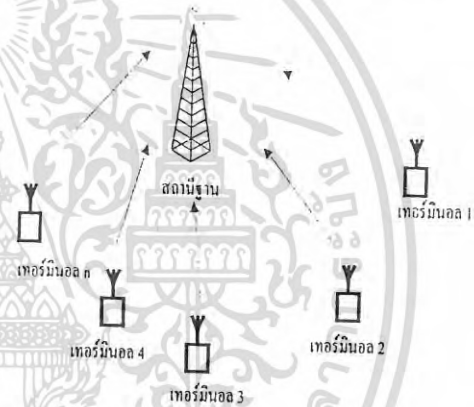
$$\alpha = T/t_s \quad (1)$$

เมื่อ α มีค่าเฉลี่ยในการกระจายแบบปัวซอง มีหน่วยเป็น เซลล์ / สล็อต

t_s คือช่วงเวลาระหว่างการเกิดของแต่ละเซลล์ WATM มีหน่วยเป็นวินาที

T คือช่วงเวลาของ 1 สล็อต

แบบจำลองระบบที่ใช้พิจารณาแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบจำลองของระบบ WATM

2.2 รูปแบบของเซลล์ WATM (WATM Cell Format)

รูปแบบของเซลล์ WATM จะคล้ายคลึงกับรูปแบบของเซลล์ ATM [1,2] ซึ่งความแตกต่างระหว่างเซลล์ WATM กับเซลล์ ATM [6] แสดงในรูปที่ 3

ATM Cell			
ATM Hdr	ATM Payload	CRC	
ATM VCI	ATM Ctrl	ATM Payload	CRC

Preamble	WATM Ctrl	WATM VCI	ATM Ctrl	ATM Payload	CRC
Preamble	WATM Hdr		ATM Payload	CRC	
WATM Cell					

รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบเซลล์ ATM กับเซลล์ WATM

จากภาพจะเห็นว่าขนาดของเพย์โหลด(Payload), TM Ctrl (ATM Control) และ CRC (Cyclic Redundancy Check) ของ WATM จะเหมือนกับ ATM แต่ส่วน VCI (Virtual Channel Identifier) ของ WATM จะถูกย่อให้สั้นลงและเพิ่มส่วน WATM Ctrl (WATM Control) และพรีแอมเบิล (Preamble) ขึ้นมา ทำให้เซลล์ WATM มีขนาดต่างจากเซลล์ ATM

รายละเอียดเกี่ยวกับรูปแบบของเซลล์ WATM และเซลล์ ACK (Acknowledge Cell) [7] แสดงในรูปที่ 4

WATM Cell			ACK Cell		
TYPE	GFC	0	TYPE	VCI	0
CSN		1	VCI		1
CONTROL		2	MODE	CSN	2
VCI		3	CSN	BIT	3
VCI	PLT	CLP	4	BITMAP	4
HEC		5	BITMAP		5
48 BYTE PAYLOAD		6-53	CRC		6
CRC		54	CRC		7
CRC		55			

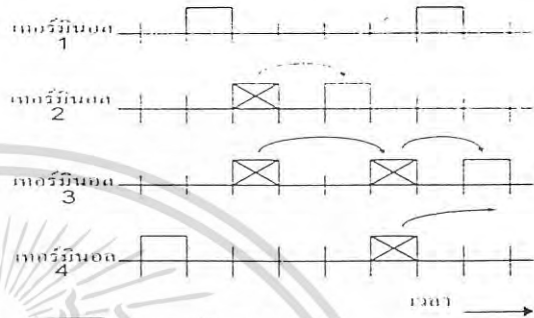
รูปที่ 4 แสดงรูปแบบของเซลล์ WATM และเซลล์ ACK

จะเห็นว่าเซลล์ WATM มีขนาด 56 ไบต์ซึ่งมากกว่าเซลล์ ATM ที่มีขนาด 53 ไบต์ ส่วนเซลล์ ACK จะมีขนาด 8 ไบต์ ซึ่งขนาดของเซลล์นี้จะมีผลต่อคิวของระบบ [3]

2.3 กรรมวิธีในการเข้าถึงสถานีฐานของเทอร์มินอล

เมื่อเซลล์ WATM ที่เทอร์มินอลถูกส่งขึ้นมาแล้วก็จะรอให้ถึงเวลาเริ่มต้นใหม่ของสล็อตถัดไป โดยแต่ละสล็อตจะมีช่วงเวลาเท่ากับความยาวของเซลล์ WATM 1 เซลล์ เมื่อถึงจุดเริ่มต้นของสล็อตถัดไปเทอร์มินอลที่มีเซลล์อยู่ก็จะทำการส่งเซลล์ ถ้ามีเทอร์มินอลมากกว่า 1 เทอร์มินอลที่ทำการส่งเซลล์พร้อมกันก็จะเกิดการชนกันของเซลล์ และเซลล์ที่เกิดการชนกันซึ่งเรียกว่าแบคค็อกเซลล์ (Backlogged Cell) จะต้องทำการส่งซ้ำ โดยจะมีการแบคค็อก (Backlog) ไปเป็นระยะเวลาเท่ากับจำนวนเต็มของจำนวนสล็อตที่ได้จากการสุ่มดังแสดงในรูปที่ 5

ในการพิจารณาว่าการส่งเซลล์ WATM ของแต่ละเทอร์มินอลสำเร็จหรือไม่จะพิจารณาจากการที่เทอร์มินอลนั้นได้รับเซลล์ ACK ในช่วงเวลาใหม่หรือไม่



- การส่งที่สำเร็จ
- ⊗ การส่งที่เกิดการชน
- ↺ การรบกวนช่วงเวลายาวแบบสุ่มเพื่อหนีการส่งซ้ำ

รูปที่ 5 การเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮา 2.4 โมเดลทางคณิตศาสตร์

พิจารณาช่วงเวลา T ที่ใช้ระหว่างที่เซลล์ WATM สร้างเสร็จจนกระทั่งส่งได้สำเร็จจะมีค่าดังสมการที่ (2)

$$T = T + T_R + E/T + T_H \tag{2}$$

เมื่อ T_R คือค่าหน่วงเวลาที่เกิดจากการเดินทางของคลื่น T คือค่าหน่วงเวลาที่ใช้ในการส่งเซลล์ WATM E/T คือค่าหน่วงเวลาที่เกิดจากการส่งซ้ำ

T_H คือค่าหน่วงเวลาในการรอให้ถึงจุดเริ่มของสล็อตพิจารณา T_H เนื่องจากเซลล์ WATM จะพร้อมที่จะทำการส่งในช่วงเวลา $(0, T)$ ซึ่งมีการกระจายแบบปัวซอง (Poisson Distribution) ที่ใช้รอของ T ในขณะนั้น $T/2$ ซึ่งค่านี้จะต้องนำไปพิจารณาในการส่งซ้ำเช่นกัน

พิจารณาค่าหน่วงเวลาเฉลี่ยที่เกิดจากการแบคค็อก ซึ่งมีค่าเป็น $(K+1)T/2$ เมื่อ K คือจำนวนสล็อตสูงสุ่มส่วนค่าใหม่เอื้จะมีค่าเป็นดังสมการที่ (3)

$$\text{ใหม่เอื้} = 2T_R + \tau_{ACK} + T \tag{3}$$

เมื่อ τ_{ACK} = ค่าหน่วงเวลาที่ใช้ในการส่งเซลล์ ACK ให้ R เป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการส่งซ้ำแต่ละครั้งจะได้ว่า R มีค่าดังสมการที่ (4)

$$R = 2T_R + (K + 2)\tau / 2 + \tau_{ACK} \tag{4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการพิจารณาจะใช้โมเดลของมาร์คอฟ (Markov Model) [4] ในการพิจารณา โดยให้ค่า p เป็นความน่าจะเป็นที่แบคล็อกเซลล์ (Backlogged Cell) จะถูกส่งซ้ำในสล็อตต่อ มาจากสล็อตแรกจนกว่าจะส่งสำเร็จ ซึ่งค่านี้ขึ้นอยู่กับเวลาที่ส่งซ้ำจะสมมุติว่ามีการกระจายแบบเรขาคณิต ทำให้ค่านี้ขึ้นอยู่กับที่จะทำการส่งซ้ำของสล็อตที่ n มีค่าเป็นดังสมการที่ (5)

$$\sum_{n=1}^{\infty} np(1-p)^{n-1} = \frac{1}{p} \quad (5)$$

เมื่อใช้โมเดลของมาร์คอฟในการวิเคราะห์จะต้องทำการประมาณค่าหาช่วงเวลาเฉลี่ยก่อนที่จะทำการส่งซ้ำให้เท่ากับค่าหาช่วงเวลาจากการส่งซ้ำแบบสุ่มจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$2T_k / T + 1/2 + (K+1)/2 + T_{m,n} / T \quad \frac{1}{p} = \quad (6)$$

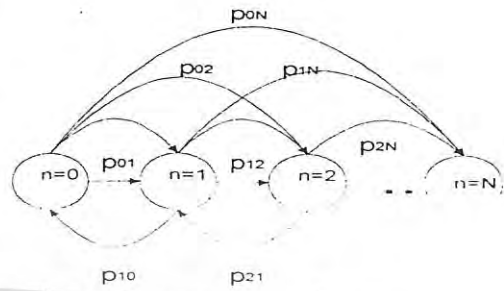
สถานะของระบบที่เวลา t สามารถที่จะอธิบายได้ด้วยจำนวนของแบคล็อกเซลล์ นั่นก็คือในสถานะ n จะมีแบคล็อกเซลล์อยู่ n เซลล์ซึ่งมีโอกาสที่จะทำการส่งซ้ำในสล็อตนั้นเป็น p

ให้ r เป็นจำนวนของแบคล็อกเซลล์ ที่ส่งซ้ำโดยเทอร์มินอลที่อยู่ในสถานะแบคล็อกจำนวน n เทอร์มินอลภายในช่วงเวลาของสล็อตนั้น

ให้ m เป็นจำนวนของเซลล์ที่สร้างขึ้นใหม่และถูกส่งโดยซิงคิงเทอร์มินอลจำนวน $N-n$ เทอร์มินอล ภายในช่วงเวลาของสล็อตนั้น

ให้ p_{ij} เป็นความน่าจะเป็นที่ระบบจากสถานะ i จะมีการเปลี่ยนเป็นสถานะ j ในสล็อตต่อไปในโมเดลของมาร์คอฟดังรูปที่ 6 จะมีค่าเป็นดังสมการที่(7)

$$p_{ij} = \begin{cases} 0 & ; j \leq i-2 \\ \Pr[m=0]\Pr[r=1] & ; j = i-1 \\ \Pr[m=0]\Pr[r \neq 1] \\ + \Pr[m=1]\Pr[r=0] & ; j = 1 \\ \Pr[m=1]\Pr[r \geq 1] & ; j = i+1 \\ \Pr[m = j-1] & ; j \geq i+2 \end{cases} \quad (7)$$



รูปที่ 6 แสดงโมเดลทางคณิตศาสตร์ของระบบ

เมื่อ $\Pr[m=x], x = 0, 1, 2, \dots, N-i$ เป็นความน่าจะเป็นที่เซลล์ WATM ซึ่งถูกสร้างขึ้นใหม่จะถูกส่ง เป็นจำนวน x เซลล์ในสล็อตนั้น

$\Pr[r=x]$ เป็นความน่าจะเป็นที่แบคล็อกเซลล์จะถูกส่งเป็นจำนวน x เซลล์ในช่วงสล็อตนั้น

ซึ่งในแต่ละกรณีจะมีค่าดังสมการที่(8)-(14)

$$\Pr[m = j-1] = \binom{N-i}{j-i} \alpha^{j-i} (1-\alpha)^{N-i} \quad (8)$$

$$\Pr[m = 1] = (N-i)\alpha(1-\alpha)^{N-i-1} \quad (9)$$

$$\Pr[m = 0] = (1-\alpha)^{N-i} \quad (10)$$

$$\Pr[r = 0] = (1-p)^i \quad (11)$$

$$\Pr[r = 1] = ip(1-p)^i \quad (12)$$

$$\Pr[r \geq 1] = 1 - (1-p)^i \quad (13)$$

$$\Pr[r \neq 1] = 1 - ip(1-p)^{i-1} \quad (14)$$

ให้ N และ α ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาแล้วกรรมวิธีของมาร์คอฟที่แสดงจำนวนของบล็อคอเทอร์มินอล n สามารถที่จะอธิบายได้โดย P_n ซึ่งก็คือค่าความน่าจะเป็นที่จะพบจุดสมดุลในสถานะ n ซึ่ง P_n หาได้จาก

$$P_n = \sum_{i=0}^N P_i p_{in} \quad ; n = 0, 1, \dots, N \quad (15)$$

จากการกำหนดค่า P_n ค่าเฉลี่ยของจำนวนบล็อคอเทอร์มินอลซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนแบคล็อกเซลล์จะมีค่าดังนี้

$$E\{m\} = \sum_{n=0}^N m P_n$$

ให้ $S(m)$ แทนค่าทรูพุทที่แต่ละสถานะ

สำเร็จจะเกิดขึ้นได้ ก็ต่อเมื่อมีซิงคิงเทอร์มินอล เทอร์มินอลเดียวที่ทำการส่งเซลล์ WATM ที่สร้างขึ้นใหม่ ไม่มีบล็อคอเทอร์มินอลใดเลยที่ทำการส่งเซลล์ หรือมีบล็อคอเทอร์มินอลเพียงเทอร์มินอลเดียวที่ทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบบล็อกเซลล์และไม่มีจิ้งกิ้งเทอร์มินอลโคเลกซ์ที่ทำการส่งเซลล์WATMที่สร้างขึ้นใหม่ในสล็อตนั้นคั้งนั้น

$$S(n) = \Pr[r = 0] \Pr[m = 1] + \Pr[r = 1] \Pr[m = 0] \quad (17)$$

เมื่อ $N < \infty, \alpha > 0$

$$S(n) = (1-p)^n (N-n)\alpha(1-\alpha)^{N-n-1} + np(1-p)^{n-1}(1-\alpha)^{N-n} \quad (18)$$

ค่า S ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของทรูพุทจะมีค่าเป็น

$$S = \sum_{n=0}^N P_n S(n) \quad (19)$$

ช่วงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการแบคค็อกจะมีค่าเป็น

$$E\{T\} = \tau \left[\frac{E\{n\}}{S} \right] \quad (20)$$

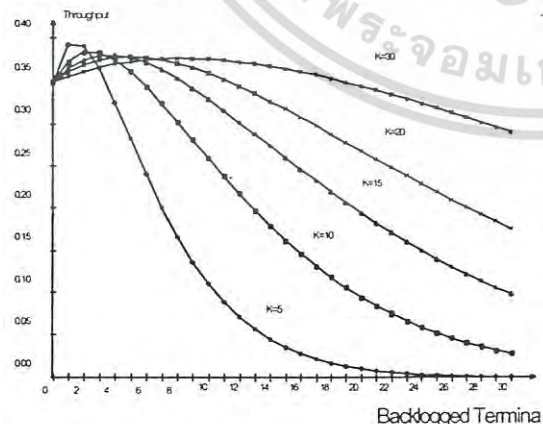
ค่าหน่วงเวลาเฉลี่ยทั้งหมดในการส่งเซลล์จะมีค่าเป็น

$$T = T_R + 1.5\tau + \tau \left[\frac{\sum_{n=0}^N n P_n}{\sum_{n=0}^N P_n S(n)} \right] \quad (21)$$

3 ผลการวิเคราะห์

ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลในรูปที่ 7, 8, 9 นี้จะพิจารณาสมรรถนะของระบบที่มีความจุของช่องสัญญาณเท่ากับ 10 Mbps ความยาวของเซลล์ 56 ไบท์ $\tau = 0.001$ d=100 เมตร

รูปที่ 7 แสดงค่าทรูพุทต่อจำนวนเทอร์มินอลที่เกิดการบล็อก เมื่อ $N=30$ ที่ $K=5, 10, 15, 20$ และ 30

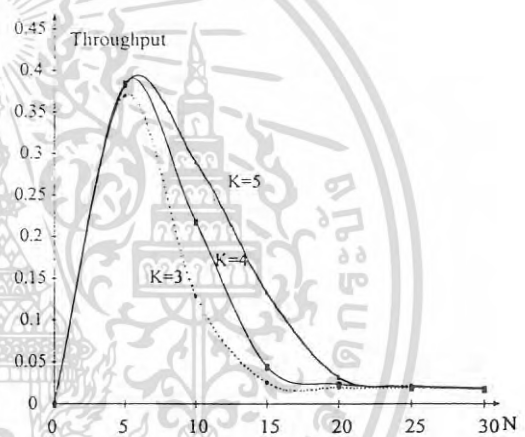


รูปที่ 7 ค่าทรูพุทต่อจำนวนเทอร์มินอลที่เกิดการบล็อกที่ค่า $K=5, 10, 15, 20, 25, 30$

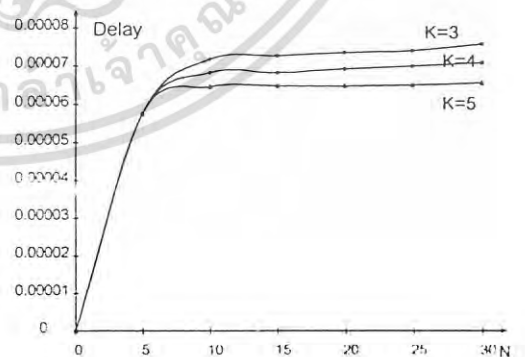
จากรูปที่ 7 จะสังเกตเห็นว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของทรูพุทต่อจำนวนเทอร์มินอลที่เกิดการบล็อกจะต่างกัน

ที่ค่า K ต่างกันโดยที่ถ้าค่า K มากอัตราการเปลี่ยนแปลงของทรูพุทจะน้อยทั้งการเพิ่มขึ้นก่อนถึงจุดอิ่มตัวและการลดลงเมื่อผ่านจุดอิ่มตัว เนื่องมาจากในกรณีที่ค่า K มากจะมีโอกาสที่จะเกิดการชนกันในการส่งซ้ำน้อย ทำให้ค่าทรูพุทลดลงน้อย ดังนั้นระบบจะมีเสถียรภาพดีกว่าในกรณีที่ค่า K ต่ำ แต่ค่าหน่วงเวลาก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการแบคค็อกเพิ่มขึ้น

รูปที่ 8, 9 แสดงค่าเฉลี่ยของทรูพุทและค่าหน่วงเวลาต่อจำนวนเทอร์มินอล ที่ $K=3, 4, 5$



รูปที่ 8 ค่าทรูพุทเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ค่า $K=3, 4, 5$



รูปที่ 9 ค่าหน่วงเวลาเฉลี่ยต่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบที่ $K=3, 4, 5$

จากรูปจะเห็นว่าเมื่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบเพิ่มขึ้นจะมีการส่งเซลล์เพิ่มขึ้นทำให้ทรูพุทเพิ่มขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัวถ้าจำนวนเทอร์มินอลยังเพิ่มขึ้นอีกก็เกิดการชนกันและการส่งซ้ำมากขึ้นทำให้ทรูพุทลดลงและค่าหน่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด การนำเอกสารไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้น ในกรณีที่ค่า K มีค่าลดลงทฤษฎีจะลดลงอย่างรวดเร็วหลังผ่านจุดอิ่มตัวเมื่อจำนวนเทอร์มินอลเพิ่มขึ้น ซึ่งผลจากการคำนวณแสดงให้เห็นว่าหากนำวิธีการเข้าถึงแบบนี้มาใช้กับ WATM แล้วจะมีค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยน้อยมากแม้ว่าจะเพิ่มค่า K ขึ้น เนื่องจากเซลล์ของ WATM มีความยาวน้อยมาก แต่อย่างไรก็ตามทฤษฎีจะลดลงมากเมื่อจำนวนเทอร์มินอลในระบบเพิ่มขึ้นจนถึงค่าหนึ่ง ตารางที่ 1 และ 2 แสดงการเปรียบเทียบทฤษฎีและค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยเมื่อความจุของช่องสัญญาณเปลี่ยนไป ซึ่งได้จากการคำนวณที่ $K=5, \tau_s=0.01, d=100m$

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบทฤษฎีและค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยเมื่อความจุของช่องสัญญาณเปลี่ยนไปตามจำนวนเทอร์มินอล

ความจุของช่องสัญญาณ	ค่าทฤษฎีเฉลี่ยตามจำนวนเทอร์มินอล		
	n = 5	n = 10	n = 15
1 MHz	0.3512	0.1393	0.0431
5 MHz	0.3989	0.2285	0.0677
10 MHz	0.3813	0.2899	0.1340

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยเมื่อความจุของช่องสัญญาณเปลี่ยนไปตามจำนวนเทอร์มินอล

ความจุของช่องสัญญาณ	ค่าหน่วยเวลาเฉลี่ยตามจำนวนเทอร์มินอล		
	n = 5	n = 10	n = 15
1 MHz	6.746×10^{-4}	6.856×10^{-4}	7.382×10^{-4}
5 MHz	1.348×10^{-4}	1.350×10^{-4}	1.364×10^{-4}
10 MHz	0.675×10^{-4}	0.676×10^{-4}	0.678×10^{-4}

4. สรุป

บทความนี้ได้เสนอการนำโมเดลของมาร์คอฟพาสสร้าง โมเดลทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับทฤษฎีประสิทธิภาพของระบบ WATM ที่ใช้ระเบียบการเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮา เพื่อแสดงให้เห็นถึงผลของพารามิเตอร์ต่างๆ คือจำนวนของสล็อตที่ใช้ในการแบคค็อกและจำนวนเทอร์มินอลในระบบต่อค่าทฤษฎีและค่าหน่วยเวลาซึ่งสรุปได้ว่า วิธีการนี้มีข้อจำกัดที่สำคัญคือจำนวนเทอร์มินอลในระบบ ซึ่งแม้ว่าค่าหน่วยเวลาจะไม่ได้รับผลกระทบเท่าไรนักเนื่องจากเซลล์ของ WATM มีความยาวน้อยมากแต่จำนวนเทอร์มินอลที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลต่อค่าทฤษฎีของระบบอย่างมากและประเด็นสำคัญที่ต้อง

พิจารณาเมื่อจะใช้การเข้าถึงแบบสล็อตอะโลฮานี้ก็คือการเลือกใช้ค่า K ที่เหมาะสม

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Prycker, "Asynchronous Transfer Mode Solution for Broadband ISDN", Ellis Horwood, 1993.
- [2] M. P. Clark, "ATM Networks : Principle and Use", Wiley-Teubner, 1996.
- [3] T. T. Ha, "Digital Satellite Communication", McGraw-Hill, 1990.
- [4] S. Lipschutz, "Theory and Problems of Probability", McGraw-Hill, 1974.
- [5] K. Pahlavan and A. H. Levasque, "Wireless Information Networks", John Willey & Sons, 1995.
- [6] J. Porter and A. Hopper, "An ATM-Based Protocol for Wireless LANs", Olivetti Research Ltd. Tech. Rep. 94.2, Apr. 1994.
- [7] D. Raychaduri, R. J. Siracusa, S. K. Biswas, R. Yuan, P. Narasimhan and C. A. Johnston, "WATM net : A Prototype Wireless ATM System for Multimedia Personal Communication", IEEE J. Select. Areas Commun., vol.15, pp.83-95, Jan. 1997.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลาดกระบัง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

LADKRABANG ENGINEERING JOURNAL

ปีที่ 16 ฉบับที่ 3

กันยายน 2542

1. การคำนวณหาขนาดกระแสของสาย XLPE ที่ขนาดแรงดัน 12 kV. และ 24 kV. เมื่อติดตั้งใน Duct Bank สุทัศน์ พิลา นันทน์ กฤษณจินดา ศุภี บรรจงจิตร	1
2. การคำนวณหาพิกัดกระแสของสายเคเบิลโดยคำนึงถึงผลกระทบของฮาร์โมนิก สมชัย จิรุงโรจน์กุล นันทน์ กฤษณจินดา ศุภี บรรจงจิตร	7
3. การวิเคราะห์ข้อแตกต่างของหม้อแปลงจำหน่ายชนิดจุ่มน้ำมันเมื่อออกแบบสร้างตามข้อกำหนดเดิมเปรียบเทียบกับข้อกำหนดใหม่ตามมาตรฐานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สิริวิช ทัดสวน ปัญญา มาลีวัตร ศุภี บรรจงจิตร นันทน์ กฤษณจินดา บุญเลิศ สือเจย	13
4. การค้นหาโรเตอร์สล็อตฮาร์โมนิกส์เพื่อวัดความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบไรต์ดราฟต์ความเร็ว เฉลิมชาติ มานพ อมรรัตน์ สุโคตร วิจิตร กิณเรศ	19
5. ค่าการสูญเสียในมอเตอร์เหนี่ยวนำเนื่องจากแรงดันฮาร์โมนิกส์ เมื่อคิดผลของ Skin Effect และ Stray Load Loss ธนิสดา รัตนะ วิจิตร กิณเรศ	25
6. การศึกษาเชิงตัวเลขของการบิดของไหลเข้ากระทบบแผ่นเรียบเชิงระนาบและเชิงสมมาตร พงษ์เจต พรหมวงศ์ ปริญญา รวมภักดีกุล	31
7. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเกิดออกไซด์ของกำมะถันจากการเผาไหม้ของถ่านหินผง จารุวัตร เจริญสุข ปัญญา แดงวิไลลักษณ์	37
8. การคำนวณและออกแบบสมรรถนะใบจักรเรือ อัครเดช สีนธฤกษ์ จารุพันธุ์ หนูสมตน	43
9. เทคนิคการเขียน G-code เครื่องจักร CNC ด้วยภาษาเบสิก บุญชู สีสายจระจัด ทวี เทศเจริญ อัครเดช สีนธฤกษ์	49
10. กังหันลมสำหรับพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มงคล มงคลวงศ์โรจน์ ฉัตรชัย งามโชคชัย	55
11. การคำนวณหาความเร็วลมที่หายไปของเครื่องมือวัดลมเรดิโอโอโดโลท สุทธิ พานิชการ สุวิพล สิทธิชีวภาค เกียรติกร วงศ์โรจนภรณ์	61
12. การศึกษาการกระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ELF จากปรากฏการณ์ฟ้าผ่า ชจิตพรพรรณ มกระธัช ณรงค์ เหมภรณ์	66
13. การจัดสรรช่องสัญญาณดาวเทียมลำดับสิทธิ์การใช้ช่องสัญญาณในดาวเทียมวงโคจรต่ำ กิตติเจริญ สุขชัยศิริกุล กัลยา จันทร์ชานวณ เอกพล ไชรกิจธรรม สุทธิ พานิชการ สุวิพล สิทธิชีวภาค	72
14. การถอดรหัสข้อมูล POCSAG ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งาน กัญญ์ สิทธิประเสริฐ ไกรสิน สังวัฒนา	78
15. การเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียกหาข้อมูลสายโทรศัพท์กับลูกข่ายของระบบวิทยุบริการเฉพาะกลุ่ม กมล น้อยทองเล็ก กอบชัย เดชหาญ	84
16. A Monolithic Patch Antenna on a Semi-insulated Si Substrate for Active Integrated Antenna Sathaporn Promwong Prakit Tangtisanon Jun-ichi Takada and Shigeo Kawasaki	90
17. เยาวลีสถิต อัลกอริทึม การจัดกลุ่มงานบนโปรแกรมแบบขนาน ศักดิ์ชัย คันธะขจร บรรจง ปิยธำรง	95
18. เครื่องวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID แบบอัตโนมัติ พิทยา ปานนิล ประสิทธิ์ จุลเสวีวงศ์ ประภาส อุดคภูมิพันธุ์ กิตติ ตีระเศรษฐ	101
19. การออกแบบตัวควบคุม PIDA ด้วยวิธีทางเดินของราก อาจินต์ น่วมสำราญ ประสิทธิ์ จุลเสวีวงศ์ ประภาส อุดคภูมิพันธุ์ วิริยะ กองรัตน์	107
20. วงจรเต็มมอดูเลชันสัญญาณเอเอ็มแบบควอดราเจอร์เฟสโดยใช้วงจรดิฟเฟอเรนเชียลเอเออร์ อธิภู มงคลขจิต วิภา แสงพิสิทธิ์ จริยา เลิศจรัสอร่ามดี วินัย ศิลารวม	113
21. เครื่องเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้ามาตรฐานแบบมัลติแชนแนล วันชัย อินชุตักดิ์ วิทยา ทิพย์สุวรรณพร วิริยะ กองรัตน์ เวดิน ปิยรัตน์	119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดสรรช่องสัญญาณดาวเทียม มีลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณในดาวเทียมวงโคจรต่ำ

Fixed Channel Allocation with Priority in LEO

กิตติเจริญ คุภชัยศิริกุล กัลยา จันทร์ชานา เอกพล ใจรักธรรม สุทธิ พานิชการ สุวิพล สิทธิชีวภาค
ภาควิชาโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาช่องสัญญาณหลุดในขณะที่มีการแฮนด์โอเวอร์ เมื่อมีการเปลี่ยนสลับเซลล์ของดาวเทียมวงโคจรต่ำ โดยอาศัยการให้สิทธิของการใช้ช่องสัญญาณของการแฮนด์โอเวอร์ และแนวคิดที่ว่าเมื่อเซลล์เคลื่อนตัวนั้นมีช่วงเวลาที่ยังซ้อนทับกันอยู่ ซึ่งช่วงเวลานี้สามารถใช้ในการรอเพื่อเชื่อมต่อวงจรของเซลล์ใหม่ได้ โมเดลที่ใช้ในการศึกษานั้นได้พิจารณากราฟฟิกการเรียกเข้าที่คล้ายคลึงกับความเป็นจริง กล่าวคือ กราฟฟิกการเรียกเข้าจะหนาแน่นในส่วนกลางและค่อยๆ เบาบางลงในส่วนขอบของขอบเซลล์ การวิเคราะห์ผลได้อาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ผสมผสานกับวิธีการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบ และนำผลมาทำการเปรียบเทียบกับวิธีการแบบดั้งเดิมที่ไม่มีลำดับสิทธิและการรอ

Abstract

This paper presents a method which can be used to solve channel interruption relay handover between communication cell in low earth orbit satellite. This method the use priority of channel for handover and the moment of cell overlap time which can use for waiting channel connection in new cell. The call traffic which is considered in this model is like the traffic in real situation. Namely, traffic density to call is condensed at cell middle and gradually rare at cell edge. The mathematical analysis is used together with simulation method. The results are also compared with the original loss method.

1 บทนำ

การแฮนด์โอเวอร์เพื่อสลับเปลี่ยนช่องสัญญาณในการสื่อสาร ด้วยระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมวงโคจรต่ำ เป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากดาวเทียมที่ใช้ในการสื่อสารนั้นไม่อยู่กับที่ ต้องมีดาวเทียมดวงอื่นหมุนโคจรมาแทนที่ โดยที่การสื่อสารในช่วง 2 นาทีนั้น จำเป็นต้องมีการแทนที่ของดาวเทียมดวงอื่น นอกจากนี้ดาวเทียมแต่ละดวงจะแบ่งเซลล์เพื่อใช้สำหรับการสื่อสาร ดังนั้นการสื่อสารแต่ละครั้งจำเป็นต้องมีการแฮนด์โอเวอร์ประมาณ 4 ครั้ง [1]

ได้มีการศึกษาคุณลักษณะของการแฮนด์โอเวอร์ในช่องสัญญาณดาวเทียมวงโคจรต่ำ [2,3] โดยที่ส่วนใหญ่จะสมมติลักษณะกราฟฟิกการเรียกเข้าอย่างง่าย ๆ คือมีการกระจายแบบพัซซอง (Poisson) เพื่อให้ง่ายต่อการจำลอง

โมเดลทางคณิตศาสตร์และการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบ ในการหาผลลัพธ์ของความน่าจะเป็นในการหาค่าความสูญเสียของการเชื่อมต่อวงจร

อย่างไรก็ตามในบทความนี้ได้อาศัยการจัดสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณของการแฮนด์โอเวอร์ให้มีสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณได้มากกว่าการเรียกเข้าครั้งใหม่ อีกทั้งทำการพิจารณาช่วงเวลาที่เป็นไปได้ที่มีการซ้อนทับระหว่างเซลล์คือประมาณ 15 วินาที เพื่อการรอสลับช่องสัญญาณของเซลล์ใหม่ก่อนที่สายอาจจะหลุดเนื่องจากการแบ่งใช้ช่องสัญญาณ ซึ่งอาจจะมีผลมาจากกราฟฟิกในส่วนของการแฮนด์โอเวอร์เอง หรืออาจมาจากกราฟฟิกที่เกิดขึ้นใหม่ โดยที่กราฟฟิกที่เกิดขึ้นใหม่นี้จะมีลักษณะคล้ายคลึง

กับความเป็นจริง กล่าวคือเมื่อทำการพิจารณาระยะทางที่ขอบเซลล์ไปยังควาเทียมระยะทางที่ได้จะมีค่ามากกว่าระยะทางที่ตั้งฉากหรือที่บริเวณกลางเซลล์ไปยังควาเทียม ดังนั้นเครื่องลูกข่ายภายในเซลล์ จึงมีโอกาสที่จะสามารถสื่อสารผ่านควาเทียมไม่เท่ากัน[2] จากสมมุติฐานดังกล่าวจะพบได้ว่า ความน่าจะเป็นที่ปริมาณทราฟฟิกของเครื่องลูกข่ายที่เข้ามาในเซลล์จะกระจายอยู่ภายในเซลล์ไม่เท่ากัน และ โอกาสที่การกระจายของเครื่องลูกข่ายบริเวณกลางเซลล์จะมากกว่าบริเวณขอบเซลล์ จึงมีความเป็นไปได้สูง

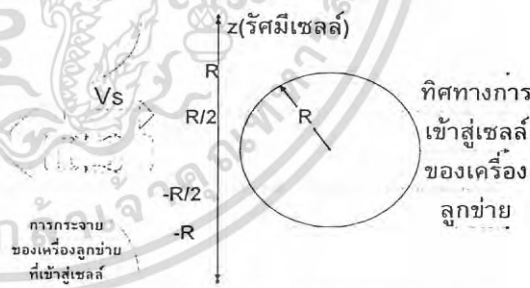
บทความนี้ได้ทำการวิเคราะห์ระบบควาเทียมวงโคจรต่ำ เมื่อปริมาณทราฟฟิกเป็นแบบไม่สม่ำเสมอ ด้วยการทำเป็นระบบควาเทียมวงโคจรต่ำจึงพบปัญหาการเกิดการแฮงค์โอเวอร์สูง ทำให้เกิดสายหลุดบ่อยครั้ง จึงได้นำเทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณดาวแบบให้มีการจัดลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณโดยให้การแฮงค์โอเวอร์มีสิทธิในการใช้ช่องสัญญาณมากกว่าการเรียกเข้าครั้งใหม่ อีกทั้งให้มีการรอกการแฮงค์โอเวอร์เข้ามาใช้เพื่อแก้ปัญหา นี้ โดยจะแยกเครื่องลูกข่ายที่เข้ามาว่าเป็นการแฮงค์โอเวอร์ หรือเป็นการเรียกเข้าครั้งใหม่ ถ้าเป็นเครื่องลูกข่ายที่เข้ามาเป็นการแฮงค์โอเวอร์ จะให้สิทธิการเข้าใช้ช่องสัญญาณมากกว่า กล่าวคือเมื่อมีการเข้าใช้ช่องสัญญาณของการเรียกเข้าครั้งใหม่ จะทำการตรวจสอบเครื่องลูกข่ายที่รอกการใช้ช่องสัญญาณถัดมาถ้าพบว่าเป็นการแฮงค์โอเวอร์ จะทำการตรวจสอบเงื่อนไขเวลา เพื่อให้สิทธิของการแฮงค์โอเวอร์มากกว่าการเรียกเข้าครั้งใหม่ อีกทั้งจะทำการเพิ่มระยะเวลาในการรอใช้ช่องสัญญาณก่อนที่จะทำการบล็อกลงของการแฮงค์โอเวอร์ ในขณะที่ระยะเวลาช่องสัญญาณเต็มเท่ากับ t_{wmax} [1,3] แต่ถ้าเครื่องลูกข่ายที่เข้ามาเป็นการเรียกเข้าครั้งใหม่ก็จะบล็อกทันทีเมื่อช่องสัญญาณเต็ม จากนั้นจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบระหว่างระบบที่ใช้เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณดาวแบบให้มีการจัดลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณ เทียบกับระบบที่ใช้เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณดาวเข้าด้วยกัน โดยใช้ค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกลงของการแฮงค์โอเวอร์ และค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกลงของการเรียกเข้าครั้งใหม่ มาเป็นตัวพิจารณา

2. โมเดลและเงื่อนไขการวิเคราะห์การจัดสรรช่องสัญญาณดาวแบบให้มีลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณและการรอกการแฮงค์โอเวอร์ เมื่อทราฟฟิกมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ

เป็นที่ทราบกันดีว่าพื้นที่ในการบริการของควาเทียมวงโคจรต่ำมีน้อยกว่าควาเทียมวงโคจรค้างฟ้า เพื่อที่จะทำการเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบควาเทียมวงโคจรต่ำจึงมีการเพิ่มวงโคจรให้มีหลายวง(Multiple-orbit) ในบทความนี้พิจารณาในระบบในลักษณะ 2 มิติ โดยในการพิจารณาจะทำการเลือกควาเทียมเพียงหนึ่งดวงในวงโคจรหนึ่งวงโคจร (Single orbit) มาทำการพิจารณา

พิจารณากลุ่มเซลล์เล็กๆ ที่อยู่ภายในพื้นที่ที่ถูกควาเทียมครอบคลุมและแบ่งพื้นที่ในเซลล์ออกเป็นบริเวณที่มีการซ้อนทับกันของเซลล์ และบริเวณที่เป็นพื้นที่บริการ จากนั้นจะพิจารณาว่าเครื่องลูกข่ายที่เข้ามาสู่เซลล์นั้นจะมีลักษณะไม่สม่ำเสมอในเซลล์ โดยการกระจายของเครื่องลูกข่ายที่บริเวณกลางเซลล์และบริเวณขอบเซลล์จะไม่เท่ากัน [2] โดยมีเงื่อนไขการวิเคราะห์ดังนี้

- 1) เครื่องลูกข่ายจะเข้ามาเซลล์ด้วยความเร็วคงที่ สัมพันธ์เท่ากับการเคลื่อนที่ควาเทียม โดยจะเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์ในทิศทางตั้งฉากกับควาเทียม ดังรูป 1



รูปที่ 1 แสดงเครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์ในทิศทางที่ตั้งฉากกับควาเทียม

- 2) ในการแฮงค์โอเวอร์เซลล์ปลายทางคือเซลล์ข้างเคียงในทิศที่เครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่สัมพันธ์กับควาเทียม
- 3) การเรียกในระบบมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ โดยให้อัตราการเข้ามาของเครื่องลูกข่ายปริมาณไม่เท่ากัน
- 4) กำหนดให้การเรียกเข้าครั้งใหม่และการเกิดแฮงค์โอเวอร์ในแต่ละเซลล์มีการกระจายแบบปกติมีอิสระต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ระยะเวลาในการใช้ช่องสัญญาณมีรูปแบบของการกระจายแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล(Exponential Distribution)

6) กำหนดให้การแฮนด์โอเวอร์จะเกิดขึ้น ก็ต่อเมื่ออัตราส่วนของระดับกำลังส่งที่ได้รับจากเซลล์ที่มีการเรียกอยู่ลดลง และกำลังส่งจากเซลล์ข้างเคียงเพิ่มขึ้น

7) การแฮนด์โอเวอร์ของระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำมีลักษณะที่แตกต่างกัน [4] ในบทความนี้ได้รวมการแฮนด์โอเวอร์ทั้งหมดเข้าด้วยกันเป็น Zone จากนั้นจะวิเคราะห์การกระจายการเกิดแฮนด์โอเวอร์ แบบ Zone - to - Zone

3. สมการคำนวณค่าการกระจายของกราฟฟิคที่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอ

จะพิจารณาการกระจายของกราฟฟิคที่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอให้เครื่องลูกข่ายที่เข้ามาในระบบทั้งหมดเป็นค่าตัวแปรแบบสุ่ม และทำการข้ามเซลล์ที่มีรัศมี R ในทิศทางตั้งฉากแกน z จะได้ค่า Probability Density Function (pdf) ของระยะทางที่เครื่องลูกข่ายข้ามเซลล์ในกรณีนี้มีลักษณะการกระจายแบบไม่สม่ำเสมอจาก -R ถึง +R ดังนิยามดังนี้

$$pdf(z) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi\beta}} \exp\left(-\frac{d(z)^2}{2\beta^2}\right) & -R \leq z \leq R \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

โดยที่

$d(z)$ คือระยะผ่านพื้นที่ที่พยายามเรียกเข้ามีค่าเท่ากับ [1]

$$d(z) = \begin{cases} \sqrt{3}R & \text{if } |z| \leq \frac{R}{2} \\ \sqrt{R^2 - z^2} + \frac{\sqrt{3}}{2}R & \\ -\sqrt{R^2 - (|z| - \frac{3}{2}R)^2} & \text{if } R \geq |z| > \frac{R}{2} \end{cases} \quad (2)$$

จากนั้นทำการซิมูเลชันคือจำลองการทำงานระบบโดยการใช้โปรแกรมภาษาซี โดยใช้เวลาวิเคราะห์ทั้งหมด 20,000 วินาที และในการวิเคราะห์จะมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

1. มีชั้นของเซลล์ที่เกิดการอินเตอร์เฟียร์ 2 ชั้น ($D = \sqrt{21}R, K = 7$) จำนวนตามสมการ (2)
2. อัตราช่องสัญญาณต่อเซลล์เท่ากับ 100 ช่องสัญญาณต่อเซลล์
3. ค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่มีการเรียกใช้เท่ากับ 2 นาที
4. ความเร็วของดาวเทียม 26,600 กิโลเมตร/ชม

5. แบ่งการเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์ ของเครื่องลูกข่ายออกเป็น 2 กรณี กรณีที่เข้ามาบริเวณ $z=0$ คือระยะ $|z| \leq \frac{R}{2}$

เป็นบริเวณกลางเซลล์ และกรณีที่เข้ามาบริเวณ $z = \frac{5}{8}$ คือ

ระยะ $R \geq |z| > \frac{R}{2}$ เป็นบริเวณขอบเซลล์

6. ลักษณะของเครื่องลูกข่ายที่เข้ามาในระบบ จะมี 2 แบบ คือเป็นการเรียกเข้าใหม่ หรือ เป็นการแฮนด์โอเวอร์

7. กำหนดให้ระยะเวลาสูงสุด (t_{wmax}) ในการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์เป็น 15 วินาที

8. กำหนดให้การแฮนด์โอเวอร์มีลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณมากกว่าการเรียกเข้าครั้งใหม่

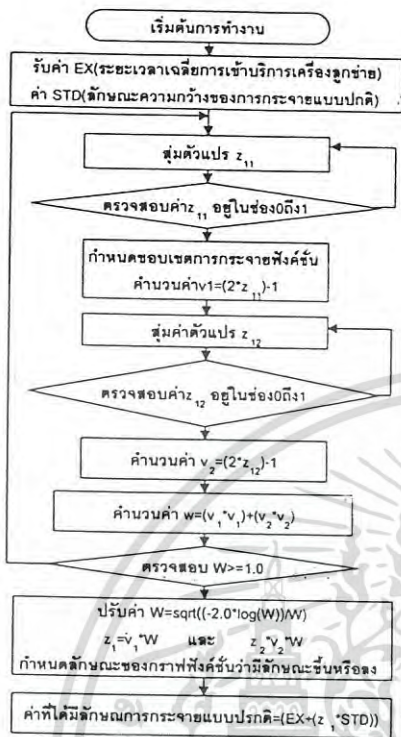
4. โปรแกรมจำลองการทำงานการของระบบ

ซึ่งการทำงานของโปรแกรมจำลองระบบ แบ่งได้ออกเป็น 4 ส่วนหลักๆตามแผนผัง 1 ถึง 4 ในส่วนแรกเป็นการกำหนดให้โปรแกรมทำการคำนวณเวลาการเข้าสู่เซลล์ของเครื่องลูกข่ายให้มีการแจกแจงแบบปกติ(t_i)[1] และการคำนวณเวลาการรับบริการ ของเครื่องลูกข่ายมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (t_s) โดยแผนผังในรูปที่ 3 เป็นการดำเนินงานเพื่อให้ค่าที่จะใช้อยู่ในรูปการแจกแจงแบบปกติเพื่อเป็นเวลาในการเข้าสู่เซลล์ลูกข่าย (t_i) เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนของการจัดสรรช่องสัญญาณแบบถาวรดังในแผนผังรูปที่ 4 ให้ผลเป็นค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของแฮนด์โอเวอร์, ค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกเข้าใหม่ หลังการทำงานของโปรแกรมจำลองระบบ จากนั้นนำค่าเฉลี่ยที่ได้แสดงเป็นกราฟ โดยส่วนของการทำการจัดลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณโดยให้การแฮนด์โอเวอร์มีสิทธิในการเข้าใช้ช่องสัญญาณมากกว่า แสดงดังแผนผังรูปที่ 5 และ มีวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์แสดงดังแผนผังรูปที่ 2

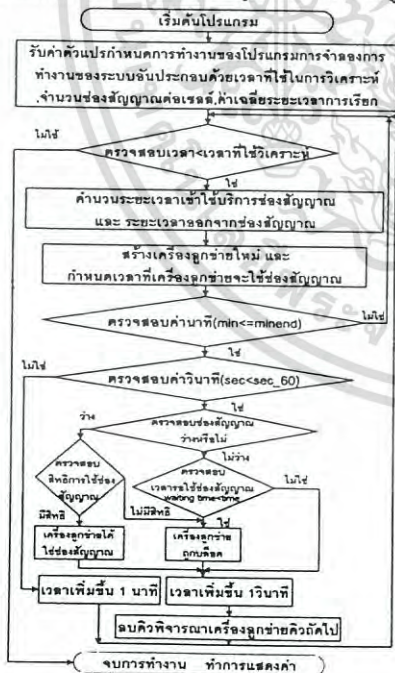


รูปที่ 2 แสดงรูปแบบการจัดสรรช่องสัญญาณแบบให้มีการรอคิวการแฮนด์โอเวอร์

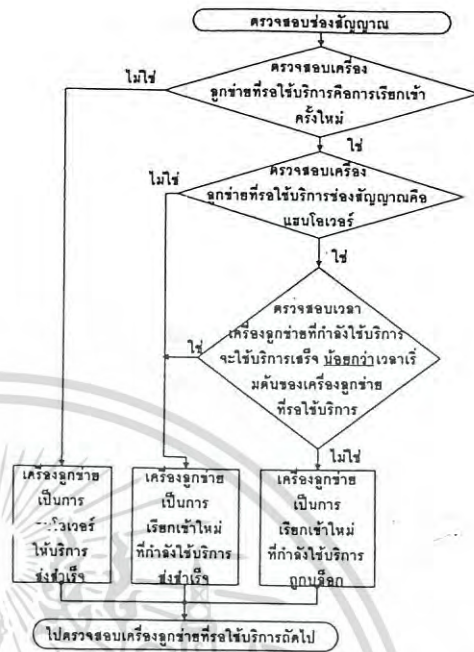
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แผนภูมิการทำงานให้ ได้ค่าอยู่ในรูปการกระจายแบบปกติเพื่อเป็นเวลาในการเข้าสู่เซลล์ของเครื่องลูกค้า



รูปที่ 4 แผนภูมิของการจัดสรรช่องสัญญาณถาวร, มีการรอการแชนด์โอเวอร์, ปริมาณทราฟฟิกเป็นแบบ ไม่สม่ำเสมอ

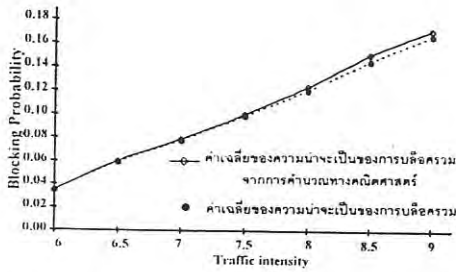


รูปที่ 5 แผนภูมิการทำงานในส่วนของการตรวจสอบสถิติในการใช้ช่องสัญญาณ

5. ผลการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์ผลทางคณิตศาสตร์ และการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมการจำลองการทำงาน ได้แสดงค่าความหนาแน่นทราฟฟิก (Traffic Intensity) เป็นค่าที่ทำให้จากอัตราการเข้ามาของผู้ใช้บริการ (คนต่อเวลา) ต่ออัตราการให้บริการ (เวลาต่อคน) และค่าความน่าจะเป็นของการส่งไม่สำเร็จ (Blocking Probability) เป็นค่าความน่าจะเป็นที่จะส่งไม่สำเร็จทั้งหมดต่อจำนวนการส่งทั้งหมด ซึ่งค่าความน่าจะเป็นที่การเรียกเข้าครั้งใหม่จะส่งไม่สำเร็จหาได้จากจำนวนการเกิดของการส่งไม่สำเร็จในการเรียกเข้าครั้งใหม่ต่อจำนวนการเรียกเข้าครั้งใหม่ทั้งหมด และค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการแชนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จ หาได้จากจำนวนการเกิดการแชนด์โอเวอร์ไม่สำเร็จต่อจำนวนการเกิดแชนด์โอเวอร์ทั้งหมด

ในการวิเคราะห์ได้ทำการเปรียบเทียบผลเนื่องจากการทำงานของโปรแกรมการจำลองการทำงานของระบบเทียบกับผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้แสดงค่าการเปรียบเทียบไว้ดังกราฟรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกรวมจากการคำนวณเทียบกับ โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบ

จากกราฟรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการใช้โปรแกรมการจำลองการทำงานของระบบ

ได้ทำการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลเนื่องจากการทำงานระบบFCA-QHเทียบกับระบบที่มีการใช้การจัดลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณ ได้ผลดังรูปที่ 7

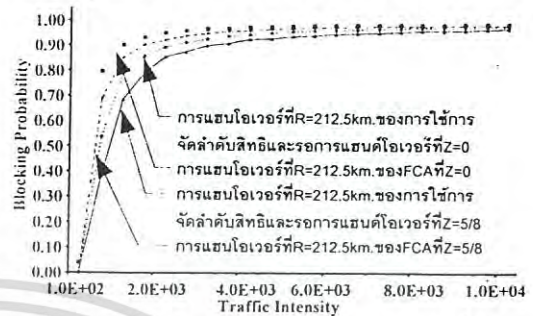


รูปที่ 7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของแบนด์ไอเวอร์ของ FCA-QH กับการจัดลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณ

จากกราฟรูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่าการจัดลำดับสิทธิช่วยลดความน่าจะเป็นของการบล็อกแบนด์ไอเวอร์ลงได้อีกหลังจากใช้เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบให้มีการรอกการแบนด์ไอเวอร์แล้ว

ในการใช้โปรแกรมการจำลองการทำงานของระบบแบ่งการทำงานออกเป็น 2 กรณีดังนี้ ในกรณีแรกได้เลือกให้เซลล์มีขนาด 212.5 กิโลเมตร เปรียบเทียบค่าการเกิดการบล็อกเมื่อเครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่เข้ามาที่บริเวณกลางเซลล์ ($z=0$) จะเกิดการบล็อกสูงกว่าบริเวณขอบเซลล์ ($z=5/8$) และ ยังพบอีกว่าอัตราการบล็อกเมื่อไม่มีการใช้เทคนิคการจัดช่องสัญญาณแบบดาว(FCA) จะลดลงอย่าง

เห็นได้ชัดเมื่อใช้เทคนิคการจัดช่องสัญญาณดาวแบบให้มีการจัดสิทธิการใช้ช่องสัญญาณ และ รอกการแบนด์ไอเวอร์ ดังกราฟรูปที่ 8, 9



รูปที่ 8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของแบนด์ไอเวอร์ เซลล์มีขนาด 212.5 กิโลเมตร ที่บริเวณ $Z=0$ และ $Z=5/8$

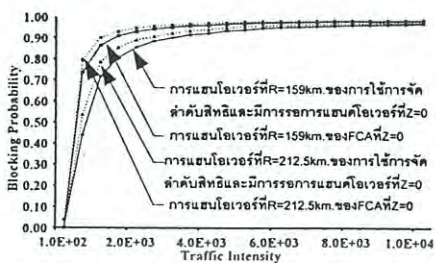


รูปที่ 9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของการบล็อกของการเรียกเข้าครั้งใหม่ เซลล์มีขนาด 212.5 กิโลเมตร ที่บริเวณ $Z=0$ และ $Z=5/8$

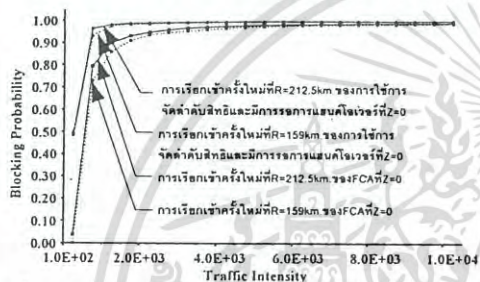
เมื่อพิจารณารูปที่ 8, 9 พบค่าการบล็อกแบนด์ไอเวอร์จะลดลง เมื่อพิจารณาเซลล์ขนาด 212.5 กิโลเมตร โดยใช้ FCA เมื่อใช้เทคนิคการจัดช่องสัญญาณดาวแบบให้มีการจัดสิทธิการใช้ช่องสัญญาณและรอกการแบนด์ไอเวอร์จะเกิดการบล็อกที่กลางเซลล์($z=0$) น้อยกว่าที่ขอบเซลล์($z=5/8$)

และในกรณีที่สองได้ทำการเลือกให้เมื่อเครื่องลูกข่ายเคลื่อนที่เข้ามาที่บริเวณกลางเซลล์ ($z=0$) โดยเซลล์มีขนาดต่างกัน คือ 212.5 กิโลเมตร และ 159 กิโลเมตร พบว่าขนาดเซลล์ที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีอัตราการบล็อกสูงกว่าขนาดเล็ก และ ยังพบอีกว่าอัตราการบล็อกเมื่อไม่มีการใช้เทคนิคการจัดช่องสัญญาณแบบดาว(FCA) จะลดลงเมื่อใช้เทคนิคการจัดช่องสัญญาณดาวแบบมีการจัดลำดับ

สิทธิการใช้ช่องสัญญาณและมีการรอกการแฮนด์โอเวอร์คือ
กราฟ รูปที่ 10,11



รูปที่ 10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของ
การบล็อกของการแฮนด์โอเวอร์ ที่บริเวณ Z=0 และ เซลล์มี
ขนาด 212.5 กิโลเมตร และ 159 กิโลเมตร



รูปที่ 11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นของ
การบล็อกของการเรียกเข้าครั้งใหม่ ที่บริเวณ Z=0 และ
เซลล์มีขนาด 212.5 กิโลเมตร

เมื่อพิจารณารูปที่ 10, 11 จะพบว่า การบล็อกของการ
แฮนด์โอเวอร์จะลดลง เมื่อพิจารณาที่บริเวณกลางเซลล์
(Z=0) โดยใช้ FCA เปรียบเทียบกับให้มีการจัดลำดับสิทธิ
การใช้ช่องสัญญาณและมีการรอกการแฮนด์โอเวอร์ และพบ
ว่าเซลล์ที่ขนาดใหญ่จะถูกบล็อกมากกว่าเซลล์ที่ขนาดเล็ก

6. สรุป

บทความนี้ได้แนะนำวิธีการจัดลำดับสิทธิการใช้ช่อง
สัญญาณและการรอกมาใช้ในระบบการสลับเปลี่ยนช่อง
สัญญาณของดาวเทียมวงโคจรต่ำ ผลปรากฏว่าที่บริเวณ
กลางเซลล์ (z=0) จะเกิดการบล็อกสูงกว่าบริเวณขอบเซลล์
(z=5/8) เพราะอัตราการเข้ามาของเครื่องลูกข่ายบริเวณ
กลางเซลล์มีมากกว่าบริเวณขอบเซลล์ เนื่องจากกระบวน
ในการส่งสัญญาณจากเครื่องลูกข่ายไปยังตัวดาวเทียมที่
บริเวณกลางเซลล์จะสั้นกว่าบริเวณขอบเซลล์ จึงส่งผลให้
บริเวณกลางเซลล์สามารถติดต่อดาวเทียมได้ง่ายกว่าบริเวณ
ขอบเซลล์ แต่ก็ไม่ได้มีผลกับการบล็อกของการแฮนด์โอ-

เวอร์หรือการบล็อกของการเรียกเข้าครั้งใหม่แต่อย่างใด ซึ่ง
การบล็อกนี้อาจส่งผลจากการที่มีการเกิดการแฮนด์โอเวอร์
บ่อยครั้ง หรือ ปริมาณคนที่ใช้ช่องสัญญาณบริเวณนั้นมาก
จนช่องสัญญาณเต็มทำให้ไม่สามารถให้บริการได้ ซึ่งเมื่อ
ทดลองใช้วิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบให้มีการจัด
ลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณและรอกการแฮนด์โอเวอร์
พบว่าบริเวณกลางเซลล์ (z=0) มีการบล็อกลดลงจากเดิมซัด
เจนมากกว่าบริเวณขอบเซลล์ (z=5/8) และยังมีควม
สัมพันธ์กับปริมาณทราฟฟิกที่เข้ามาด้วย โดยยังมีค่า
ปริมาณทราฟฟิกมากจะเห็นความแตกต่างของการบล็อก
ชัดเจนขึ้น เมื่อมองในด้านเซลล์ที่มีขนาดต่างกันเมื่อการ
เปรียบเทียบพื้นที่บริการที่เท่ากันเซลล์ที่ยังมีขนาดเล็กลง
(หรือมองกลับกันเป็นมองว่าความสูงของดาวเทียมลดต่ำ
ลง)ซึ่งจะส่งผลให้โอกาสในการเกิดการบล็อกนั้นจะต่ำลง
ไปด้วย จึงสรุปได้ว่าผลจากการใช้การจัดสรรช่องสัญญาณ
ถาวรแบบให้มีการจัดลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณและมี
การรอกการแฮนด์โอเวอร์ นั้นจะปรับปรุงให้ระบบมีประ
สิทธิภาพดีขึ้นเพื่อสามารถใช้งาน ได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] อมริสา มณีรุ่ง, พงษ์ศักดิ์ วิทยากรวณิช, สุวิพล สิทธิ
ชีวภาค, "การจัดสรรช่องสัญญาณถาวรแบบให้มีการ
รอกในระบบดาวเทียมวงโคจรต่ำ", วิศวกรรมลาดกระบัง,
ปีที่ 5, ฉบับที่ 2, หน้า 76-81, ธันวาคม 2541.
- [2] A.Jamallpour, M.K Tayama, T.Yamazato and
A.Ogawa, "Throughput Analysis of Spread-Slotted
ALOHA in LEO Satellite Communication System
with Nonuniform Traffic Distribution", IEICE Trans.
Comm., Vol. E 78-B, No.12, December 1997, pp
1675-1665.
- [3] E.D. Re, R.Fantacci and G.Giambene, "Efficient
Dynamic Channel Allocation Techniques with
Handover Queuing for Mobile Satellite Network",
IEEE J. Selected Areas Comm., Vol.13, No.2, pp.
397-405, February 1995.
- [4] A. Ganz, Y. Gong, and B. Li, "Performance Study of
Low Earth Orbit Satellite" IEEE Trans. Comm.,
Vol.42, No.2/3/4, pp. 1866-1871, February/
March/April 1994.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกัลยา จันทร์ขานนา เกิดเมื่อวันที่ 31 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2517 ที่อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์) จากมหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก ปีการศึกษา 2539

ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

1) K. Chanchaona, S. Asvaruk, S. Sittichevapak, and R. Varakulsiripunth. "Transition State for Impaired LEOs Channel Using Direct Sequence Spared-Slotted ALOHA Scheme" Proceeding of Thai – Japan Joint Symposium on Micro wave, pp.83-87, 1999.

2) อัญชรา ราศรีมินทร์, กัลยา จันทร์ขานนา, และ สุวิพล สิริชีวะภาค, "การออกแบบการใช้งานช่องสัญญาณดาวเทียมของดาวเทียมไทยคม 1", วิศวกรรมลาดกระบัง, ปีที่ 14 ฉบับที่ 2, หน้า 1-9, มิถุนายน 2541

3) เอกพล ใจรักธรรม, กัลยา จันทร์ขานนา, เสรี อัสวารักษ์ และ สุวิพล สิริชีวะภาค, "การวิเคราะห์ผลของระเบียบการเข้าถึงแบบสุ่มสำหรับ ATM ไร้สาย โดยวิธีสล็อตอะโลฮา", วิศวกรรมลาดกระบัง, หน้า 96-101

4) กิตติเจริญ ศุภชัยศิริกุล, กัลยา จันทร์ขานนา, เอกพล ใจรักธรรม, สุทธิ พานิชการ และ สุวิพล สิริชีวะภาค, "การจัดสรรช่องสัญญาณดาวเทียมแบบลำดับสิทธิการใช้ช่องสัญญาณในดาวเทียมวงโคจรต่ำ", วิศวกรรมลาดกระบัง, ปีที่ 16 ฉบับที่ 3, หน้า 72-77, กันยายน 2542